The
John Carter Brown
Library

*Purchased
with the assistance of the*

MAURY A. BROMSEN
ACQUISITIONS FUND

TRATADO ELEMENTAR
DE
PHYSICA,
PELO

ABBADE HAÜY.

Conego Honorario da Igreja Metropolitana de Paris, Membro da Legião de Honra, do Instituto das Sciencias e Artes; Professor de Mineralogia no Museo de Historia Natural; da Academia Real das Sciencias, e da Sociedade dos Indagadores da Natureza, de Berlin, da Universidade Imperial d'Wilna; da Sociedade de Mineralogia de Jena; da Sociedade Italiana das Sciencias; da Sociedade Batava das Sciencias de Harlem, etc.

SEGUNDA EDIÇÃO.

REVISTA E CONSIDERAVELMENTE AUGMENTADA.

TRADUZIDA EM VULGAR

TOMO I.

RIO DE JANEIRO

1810.

NA IMPRESSÃO REGIA.

Por Ordem Superior.

RPJCB

duzindo da evaporação a origem das fontes. Depois de ter corrido os resultados mais geraes das propriedades do ar, daremos a historia da descoberta que forneceo ao homem a arte até então desconhecida de se elevar neste fluido e viajar por meio de ballões aerostaticos.

Finalmente o ar será considerado como vehiculo do som, recebendo da parte dos corpos sonoros hum movimento de vibração que dá origem aos sons comparados. Então estabeleceremos a serie de razões segundo as quaes he formada a escalla de musica, fazendo ao mesmo tempo conhecer a experiencia dos sons harmonicos attribuida a Sauveur. Compararemos depois o gamma da buzina de caçador com a que uzamos, construida para a harmonia perfeita e daremos as razões porque devemos preferir esta; por fim entraremos em alguns detalhes sobre o modo de a afinar. O modo com que formão o som os instrumentos de vento, nos servirá de guia para explicarmos como se propaga no ar livre, e como differentes sons atravessão este fluido sem se perturbarem mutuamente, levando ao ouvido impressões simultaneas e ao mesmo tempo distinctas.

Chegando aos phenomenos electricos, daremos ao desenvolvimento deste ramo de Physica huma extensão proporcionada á sua grande importancia. Trataremos logo da electricidade produzida, seja pela fricção, seja pela communicação; e depois de termos estabelecido a distincção que existe nos differentes corpos relativamente aos dois modos de electrisação, proporemos a hypothese dos dois fluidos cujas acções se combinão no acto da produção dos phenomenos, como aquella que fornece a maneira mais feliz e mais simples

de conceber estes phenomenos. Depois descreveremos as experiencias que demonstrão, que as acções electricas seguem a razão inversa do quadrado da distancia, e deduziremos desta lei as consequencias que resultão á tendencia que este fluido tem de se transportar todo á superficie dos corpos conductores, e a maneira como se distribue entre os differentes corpos que estão em contacto com elles. Faremos applicação dos principios precedentes ás attracções e repulsões electricas, ao poder que as pontas tem de attrahir, ou lançar poderozamente o fluido electrico, a comoção que acompanha a experiencia de Leyde, e os effeitos de muitos instrumentos particulares, entre outros do electrophor e do condensador. Exporemos no fim deste artigo as observações que servem a contastar a identidade do fluido electrico com a materia do raio; a theoria dos conductores, com reflexões sobre as avantagens destes instrumentos; e a theoria daquelle facto singular a que se deo o nome de *golpe de repercussão*, (1) que consiste em que hum homem pode ser fulminado, bem que em distancia do lugar em que se fez a explusão.

O outro methodo de electrisação, que se faz por intermedio do calor, relativamente a diversos especies de mineraes cristallizados, nos darão muitas luzes sobre as acções electricas destes corpos, e sobre a correlação que se observa entre

---

(1) Uzei da palavra *repercussão*, como a que dava huma milhor idea do que os Francezes exprimem por *choc en retour*.

INTRODUCÇÃO.

OS differentes pontos de vista debaixo dos quaes os corpos naturaes e os phenomenos que apprezentão podem ser considerados, derão principio a diversos generos de estudos que se multiplicarão á medida que o progresso das luzes acrescentava novos ramos ás sciencias ja formadas. A reunião de todos os conhecimentos que resultão deu principio ás tres grandes divisões a que se deu o nome de *Physica*, *Chymica*, *e de Historia Natural*.

Se nós consideramos nos corpos propriedades geraes e permanentes, ou se as mudanças que soffrem estes corpos são passageiras, de modo que, para que tornem ao seu primeiro estado, não seja precizo senão que desapareça a cauza que as produz; se, demais, consideramos as leis que determinão que as acções reciprocas dos corpos se propaguem a distancias mais ou menos consideraveis, o resultado de nossas observações pertence á Physica. Mas quando os phenomenos dependem de huma acção intima que as moleculas dos corpos exercem humas nas outras, a distancias quasi infinitamente pequenas, e em virtude da qual acção as mesmas moleculas se separão para se reunirem depois em huma ordem differente, e trazerem consigo novas combinações ou novas propriedades, então o estudo dos phenomenos pertence á Chymica. Ultimamente, se nossa atenção se volta para os entes particulares, alguns dos quaes são dotados de vida e de movimento voluntario, outros vivem, mas sem este movimento, e outros em

fim não tem mais que structura sem organização; e se nosso unico fim he classificar e descrever estes entes, o ponto de vista que se nos offerece abraça toda a Historia Natural, que comprehende as tres sciencias distinctas com os nomes de *Zoologia*, *Botanica*, e *Mineralogia*.

Todas as sciencias que dizem respeito á natureza, não compõe realmente senão huma unica e mesma sciencia, que nós temos subdividido, de maneira que os differentes espiritos possão entre si dividir o estudo de seus diversos ramos, e cada hum correr toda a extenção daquelle que for da sua escolha. Não se deve portanto admirar se frequentemente acontece, que muitas sciencias se encontrão muito perto de huma mesma verdade, de modo que não ha alguma que não tenda ás outras por mais ou menos pontos de contacto. Para tirarmos hum exemplo do que faz o objecto deste Tratado, as descobertas modernas, sobre as propriedades dos gazes e do calorico não dão lugar a que a Physica se separe da Chymica, huma vez que se trata de phenomenos, cuja explicação pertence á theoria do ar ou do calor; e nestas circunstancias o verdadeiro physico he o que falla a lingoagem do chymico. O mesmo acontece a todas as partes dos nossos conhecimentos: successivamente elles se afastão, se aproximão, e ultimamente acabão por confundir-se, como por nos lembrar, que todos elles sobem á mesma unidade; e que a distincção que temos feito de huns aos outros provém unicamente dos limites do nosso espirito, e do pouco tempo que nos he concedido para os cultivar. Proporemos logo o plano que temos traçado para circunscrever a Physica nos limites indicados segundo o fim da nossa Obra.

Todos os objectos que dizem respeito ao estudo desta sciencia, offerecem a seguinte avantagem, qual he a de não ser precizo mais que reflexão para os vermos em roda de nós; pois que os phenomenos que elles produzem são de huma observação familiar, e a scena onde elles se desenvolvem nos he sempre prezente. As experiencias em que são empregados os instrumentos que ornão nossos gabinetes de physica não são outra couza mais que imitações destes phenomenos destinados a patentear-nos as suas cauzas. O jogo da maquina pneumatica nos mostra as propriedades do fluido que respiramos. Os effeitos tão excitantes da curiozidade que offerece o aparelho electrico, nos ajuda a determinar as leis que regem o fluido accumulado em huma nuvem tempestuoza. O iman, que parece governar os movimensos da agulha da bussola que se apprezenta á sua acção, não faz outra couza mais que substituir, por hum pouco, o globo terrestre, que continuamente exerce sobre a agulha huma acção do mesmo genero. A imagem corada do sol, produzida pela luz que tem atravessado hum prisma, nos dá huma idea da decompozição que experimenta este fluido na nuvem, que no momento em que se desfaz em chuva, nos apprezenta o magnifico espectaculo do Arco Iris. Todos estes instrumentos tão variados são outros tantos interpetres da linguagem vezivel com que continuamente nos falla a natureza.

Esta palavra *Natureza*, que nós empregamos tão frequentemente, não póde ser tomada senão como huma maneira breve de exprimir, humas vezes os resultados das leis a que o Ente Supremo tem submetido o mecanismo do Universo, outras

vezes a colleção dos entes que sahirão de suas mãos. A natureza encarada desta sorte debaixo de seu verdadeiro aspecto, não he hum objecto de especulações frias e estereis para a moral. O estudo de suas producções não se limita mais a esclarecer o espiriro; elle toca o coração humano, fazendo-lhe crear sentimentos de respeito e admiração com a prezença de tantas maravilhas que tem caracteres tão visiveis de hum poder, e de huma sabedoria infinita. Tal era a dispozição em que se achava o grande Newton, quando tendo considerado as razões que ligão, em tudo, os effeitos ás suas cauzas, e fazem concorrer todas as circunstancias para a harmonia do todo, se elevava até á idea de hum Creador e de hum primeiro Motor da materia, perguntando a si mesmo, porque a natureza não obrava sem algum fim; d'onde nasce que o sol e os corpos planetarios gravitão huns contra os outros sem o intermedio de alguma materia densa: como seria possivel que o olho fosse construido sem alguma idea de optica, e o orgão do ouvir sem a intelligencia dos sons (1)?

O verdadeiro methodo para chegar á explicação dos phenomenos, he sem duvida o que o mesmo Newton adoptou, ao qual as sciencias devem os progressos rapidos que fizerão, e fazem ainda nas mãos de tantos sabios celebres. Para melhor fazer conhecer em que consiste este methodo não será inutil traçar aqui, de huma maneira clara e conciza, a idea que se deve formar do que se chama huma *Theoria*, fazer conhecer seu fim e suas avantagens, traçar os limites que a separão do systema, e que devem impedir confundir-se as pro-

(1) Optice lucis, lib. 3., quæst. 28.

ducções do genio, que vê a natureza tal qual ella he, com as da imaginação, que as faz obrar a seu modo.

O fim de huma theoria he ligar a hum facto geral ou ao menor numero possivel de factos geraes, todos os factos particulares que delles dependem. A indagação dos factos tem sido sempre nossos primeiros passos nas sciencias. Temo-nos ligado a descrevellos exactamente, verificallos bem, e multiplicallos: huns erão dados pela simples observação, e se offerecião por si mesmo a huma sabia attenção; outros erão o resultado de experiencias feitas com aquella attenção e sagacidade que exigem estes generos de investigações. Todos estes factos, descobertos em differentes epocas, e por differentes observadores, existião então como isolados; alguns mesmos se apprezentavão com o ar de paradoxos, e parecião contradizer-se com outros factos do mesmo genero. Desta maneira a subida da agua nos corpos da bomba limitada a huma altura de trinta e dois pés fazia defeituoza a Theoria obscura e inintelligivel daquelle tempo, em que attribuião esta subida a hum pertendido horror da natureza ao vacuo. Mas em fim appareceo o genio ao qual tinha sido reservada a avantagem de reunir todos os aneis dispersos e formar huma cadea continua, que mostrasse a filiação delles e sua mútua dependencia.

Assim a theoria da gravitação universal conduz os movimentos dos corpos celestes, o achatamento da terra e os maiores phenomenos da natureza, a este unico facto provado anticipadamente pela observação, e vem a ser, que a fôrça da gravidade obra na razão inversa do quadrado da distancia; com o auxilio de huma semelhante

lei, demonstrada pela experiencia, relativamente ás acções electricas e magneticas, se observa que os differentes effeitos, que apprezentão os corpos incitados por estas acções, nascem, por assim dizer, huns dos outros, partindo de huma origem commum.

As palavras *attracção e repulsão*, das quaes nos servimos para indicar o facto fundamental sobre que assenta a theoria não exprimem propriamente senão as velocidades com que os corpos tendem approximarem-se ou a afastarem-se huns dos outros. O essencial he, que conhecendo-se a lei a que he submetida esta tendencia, e applicando-lhe o calculo, se possa determinar todos os outros factos, que são como corollarios do primeiro; e a theoria mesmo tem a avantagem, que se póde com o seu socorro ler com certeza para o futuro, pois que a filiação dos factos huma vez estabelecida, o que foi he fiador do que hade ser, de sorte que depende do calculo, avançando hum passo mais, reprezentar hum phenomeno que se não mostraria senão depois de muitos annos, e dar-lhe huma existencia antecipada.

Desta forma a observação e a theoria concorrem igualmente para a certeza e desenvolmimento dos nossos conhecimentos, cada huma tem na mão seu luzeiro; o da observação dirige os seus raios sobre cada facto em particular, de modo que seja totalmente conhecido, claramente determinado, e exposto na sua verdadeira fórma; o da theoria aclara a reunião dos factos, antecedentemente dispersos, e que parecião não ter nada de commum entre si, todos elles se reunem; tomando hum ár de familia e parecendo não ser mais doque as differentes faces de hum facto unico.

He facil agora julgar quanto o systema dista da theoria. Porém principiaremos por observar, que a palavra systema pode tomar-se em huma accepção favoravel quando a empregamos para designar huma dispozição de objectos relativos ás sciencias. Os geometras se servem deste termo para exprimirem huma união de corpos, cujas acções mutuas se combinão. Conforme a boa Physica, ella designa o arranjo dos corpos celestes á roda de hum centro commum. Os naturalistas tambem tem seus systemas, que consistem em huma distribuição methodica dos entes propria a facilitar o seu estudo.

O Systema na accepção em que o tomamos aqui, com o fim de o banir da Physica, consiste em huma supposição puramente gratuita, á qual nós esforçamos sujeitar a marcha da natureza; he hum turbilhão, hum effluvio de materia subtil; finalmente he tudo o que se quer (porque tudo he possivel á imaginação). Pelo auxilio desta suppozição, que vai sempre além dos factos dados pela observação, se explica tudo de hum modo vago, e incerto, satisfactorio entretanto, por não custar mais a conceber que a imaginar. O Systema marcha deste modo como ao acazo, sempre errante no pouco mais ou menos, incapaz de determinar algum facto com aquella exactidão aquelle rigor que caracteriza a theoria, em huma palavra o Systema he o romance da natureza, e a theoria a historia, e huma historia que sempre fiel á verdade abraça juntamente o passado, o prezente, e o futuro.

Passemos agora a dar huma idea da ordem que seguimos na distribuição das materias que fazem o objecto deste Tratado, limitando-nos ao

simples enunciado do que ellas offerecem de mais notavel.

Principiaremos por expor as propriedades mais geraes dos corpos, ou as que tem mais relação com a natureza dos entes, considerados como huma simples reunião de particulas de materia. Tal he, por exemplo, a mobilidade, e por motivo da qual daremos noção da velocidade, e da inercia. Tal he igualmente a divisibilidade, ou a faculdade que os corpos tem de serem divididos em partes sempre mais pequenas.

A universalidade dos phenomenos que dependem da força a que damos o nome de attracção; lhe asigna o primeiro lugar depois das propriedades de que acabamos de fallar. Trataremos logo da attracção a grandes distancias ou da gravidade, em cuja occazião desenvolveremos as leis a que está sujeita a queda dos corpos. Fallando do pezo especifico, exporemos o methodo que se tem seguido para se determinar a unidade do pezo relativo ao novo systema metrico, e ajuntaremos a este exposto huma descripção a brevida do systema tomado no seu todo.

Pelo que diz respeito á attracção a pequenas distancias ou á affinidade, nós a olharemos sómente por aquelle lado que tem relações mais intimas com Physica. Depois de termos citado os diversos effeitos nos quaes se manifesta sua existencia, exporemos o modo como se estabelece seu equilibrio entre os principios que formão as combinações neutras, admittindo a hypothese muito provavel que a lei que ella segue em razão da distancia he a mesma para todos os corpos, e, conformando-nos com a observação, provaremos que quando dois saes neutros que juntamente se

misturão fazem troca de suas bases, os novos saes que resultão devem-se achar tambem no estado neutro. Compararemos por fim a affinidade com o pezo, e daremos a conhecer huma idea do celebre Laplace, segundo a qual se pódem reduzir ambas a hum mesmo principio. Nós terminaremos este artigo por hum breve exposto da theoria relativa a hum dos resultados mui notaveis da affinidade, e vem a ser, o arranjo symetrico das moleculas de huma multidão de corpos naturaes, com fórma semelhante aos polyedros da geometria.

Daqui passaremos a considerar outra força, que vem a ser a do calorico, que contrabalança mais ou menos o effeito da affinidade, e muitas vezes a destroe. Então daremos huma ideá das differentes modificações produzidas pelo calorico, obrando por si mesmo, como calorico rayonante, ou introduzindo-se nos corpos passa em parte a estado de calorico sensível, em parte a calorico latente. Explicaremos a maneira como seu equilibrio se estabelece, e se conserva, relativamente aos differentes corpos postos no mesmo lugar, e como a capacidade de calorico e a faculdade conductora influem na passagem ao estado de equilibrio. Applicaremos em fim a theoria a diversos phenomenos, entre os quaes se destinguiráõ sobre todos aquelles que se manifestão nas bellas experiencias de M. M. Rumford e Leslie. Depois voltaremos outra vez a tratar do calorico especifico, de que já demos noção, e indicaremos o modo de o comparar nos differentes corpos segundo os resultados dados pelo calorimetro.

Os effeitos do calorico em produzir nos corpos mudança de estado, serão objecto de hum artigo ao qual daremos a extenção conveniente e

faremos ver, tomando a agua por termo de comparação, como as variações na relação da força do calorico e da affinidade, determinão a mudança dos solidos em liquidos, dos liquidos em fluidos elasticos, e por fim a conversão destes ao seu estado primitivo. E as applicações a diversos phenomenos confirmarão a theoria relativa a este objecto.

Os corpos pela compressão desenvolvem calorico, e vice versa absorvem-no dilatando-se. A observação destes phenomenos nos servirá de guia para avaluarmos, com aproximação, segundo hum resultado de Newton a quantidade de calorico que se desenvolve ou que he absorvida por huma determinada variação de volume; a isto se ligão as explicações dos diversos phenomenos notaveis, entre outros o da combustão excitada pela compressão do ar.

Quando as variações de volume dos fluidos elasticos são produzidas pelo calorico, então seguem leis de que muitos Physicos se tem occupado; estas leis serão expostas, e muito principalmente depois dos grandes resultados de Gay-Lussau e Dalton; ao que ajuntaremos alguns detalhes sobre os effeitos do calorico, em quanto fazem variar o volume dos corpos, sejão solidos, sejão liquidos; e a consideração do que se observa em relação aos liquidos nos dará lugar de expor os principios sobre que he fundada a construcção do thermometro; e as experiencias pelas quaes ficamos certos de que o thermometro de mercurio prehenche estas condições.

A theoria da evaporação veio a ser hum ramo da do calorico, muito principalmente depois que o estudo mais profundo deste phenomeno tem espalhado novas luzes. Faremos conhecer depois

hum resultado constante que offerece a formação dos vapores d'agoa, que consiste em que a quantidade deste vapor he sempre o mesmo, em hum espaço dado, e em huma temperatura determinada, seja que o vapor por si só occupe este espaço, seja que se ache misturado com o ar ou qualquer outro gaz. Dada a mesma pressão, desenvolveremos a lei que segue a dilatação do gaz unido ao vapor, ao passo que este reforma. Seguindo a marcha destes phenomenos, chegaremos gradualmente á grande difficuldade, cuja solução tem por objecto a determinação da influencia reciproca do ar e do vapor, quando se achão ambos em mistura. Depois de termos exposto as theorias de Leroi, e Dalton e de Deluc, relativamente a este tão delicado objecto, veremos então a maneira feliz como o celebre Laplace as concebeo, attribuindo tudo á acção do calorico, que determina as moleculas do ar e as do vapor a repellirem-se mutuamente, e ver-se-há então que esta consideração satisfaz plenamente a observação dos phenomenos.

De todos estes differentes conhecimentos que pertencem, propriamente fallando, á Physica geral, passaremos aos que abraça a Physica particular, e que dizem respeito a certos liquidos ou a certos fluidos notaveis pelas influencias que tem em huma multidão de phenomenos naturaes.

A agoa he o primeiro liquido, que o consideraremos no seu estado mais ordinario, que he o de liquido, o que nos conduzirá a estabelecer os principios da hygrometria, e a explicar, segundo a bella theoria do celebre Laplace, os phenomenos dos tubos capillares, e as attracções e repulsões apparentes dos pequenos corpos que na-

dão sobre a agoa em huma pequena distancia huns dos outros. Nós nos occuparemos depois da agoa em estado de gelo, e por esta occazião daremos a historia da congelação do mercurio, e exporemos os resultados pelos quaes se tem determinado o verdadeiro gráo de frio a que corresponde. Ultimamente trataremos da agoa em estado de vapor, e faremos conhecer o partido avantajozo que a industria humana tem tirado da grande força elastica que a agoa exerce neste estado, applicando-a como força motriz ao movimento das maquinas de vapôr.

As propriedades do ar fixaráõ depois nossa attenção; consideraremos o pezo deste fluido, sua elasticidade, os effeitos de sua pressão em fazer subir ou descer o mercurio no tubo do barometro, em elevar a agoa nos corpos da bomba, e determinar o jogo do siphão. A lei, segundo a qual as densidades do ar diminuem, á medida que as camadas deste fluido se afastão da superficie da terra, nos dará o methodo de medir as alturas por meio do barometro. De lá tornaremos ás differentes modificações de que o ar he susceptivel, e que produzem os ventos e os meteoros aquozos. Mas os limites dos nossos conhecimentos actuaes sobre as cauzas destas modificações do ar, não nos permittem muitas vezes mais senão descrevellas, sem com tudo nos expormos a explicações vagas e incertas. Diremos alguma couza relativamente á athmosfera olhada como assento dos vapores. Faremos ao mesmo passo ver que se ella não existisse, a quantidade de vapores, sendo tudo igual, seria muito menor n'um espaço tomado desde a superfice da terra até a huma altura dada, e completaremos o que diz respeito a este objecto, de-

as suas fórmas e posições dos polos nos quaes existem as duas electricidades oppostas.

Aqui se offerecerá o novo ramo de Physica, conhecido pelo nome *Electrecidade galvanica*, da qual o verdadeiro principio foi deduzido do phenomeno descoberto por Volta, que consiste na electricidade excitada pelo simples contracto de dois metaes differentes. Trataremos então das experiencias feitas por Galvani nos animaes de sangue frio, e as consequencias que disto tirou; depois exporemos a theoria a que foi conduzido o celebre Physico de Pavia por este principio igualmente simples e fecundo, que dois metaes isolados, postos em contacto, se constituem em dois estados differentes de electricidade. Faremos applicação deste principio á formação da pilha de Volta, e aos differentes effeitos que ella produz, ou isolada, ou communicando com hum reservatorio commum. Seguiremos os mesmos effeitos nas pilhas secundarias inventadas por Ritter; por fim exporemos as novas descobertas do cellebre Erman, os phenomenos mui notaveis que offerecem certas substancias, taes como a chama do alkohol e o sabão alkalino, que tem em razão da electrecidade galvanica huma faculdade conductora particular. Disto passaremos ás observações feitas nos peixes electricos, como a tremelga, cujas propriedades conhecidas ha muito parecem que se derivão de hum estructura analoga á disposissão dos elementos de pilha. Faremos ver depois como a electricidade galvanica, ligada de huma parte com a economia animal, entra no dominio da chymica pelo phenomeno da decomposição da agoa; e lançando hum golpe de vista sobre a reunião de todos os factos, elles nos indicaráõ assás que a

electricidade galvanica não he outra couza mais que huma modificação da electricidade ordinaria.

A semelhança que ha nas leis a que são submettidas as acções dos imans e a dos corpos idio-electricos, coloca naturalmente a theoria do magnetismo ao lado da theoria da electricidade. Adoptaremos da mesma sorte para a explicação dos phenomenos magneticos a existencia e acção simultanea de dois fluidos differentes. Porém como a cada instante nos será precizo considerarmos a acção magnetica que exerce o globo; daremos, antes de expormos a theoria do magnetismo, huma idea da acção que o globo exerce, e de certos factos geraes de que depende. Faremos depois conhecer que a lei que preside aos phenomenos do magnetismo, segue, como as da electricidade, a razão inversa do quadrado das distancias. Daqui partiremos para os effeitos que produzem os imans que temos á nossa disposição, taes como as attracções e repulsões; esclareceremos as especies de paradoxos, que apprezentão muitos destes effeitos, com muita particularidade aquelle, que huma porção separada de hum iman se torna por si mesmo hum imam composto de seus dois polos. Applicaremos estes principios da theoria aos differentes methodos de fazer os toques nos magnetes, principalmente a do contacto dobrado, de que analisaremos os effeitos, ao mesmo passo que indicaremos a melhor maneira de o empregar.

No artigo seguinte faremos vêr por miudo o que a observação e a theoria nos ensina relativamente á declinação e inclinação da agulha, ás variações a que huma e outra estão sujeitas á medida que se muda de lugar, ou por successão dos tempos no mesmo lugar, e por ultimo as que se

tem observado na intensidade das forças que sollicitão a agulha. Faremos conhecer as indagações que conduzirão a M. Biot a reprezentar exactamente por calculo a marcha progressiva da inclinação, a pezar de se mudar de latitude, conforme a hypotese de que os centros da acção magnetica do globo terrestre existão a distancias quasi infinitamente pequenas do centro de sua espherecidade; e depois de ter explicado muitos resultados de observações relativas humas á força directora das agulhas, outras á igualdade das forças, que as attrahem em sentido contrario, trataremos dos phenomenos singulares que produz o magnetismo do globo obrando nos instrumentos de ferro não tocados que temos nas mãos, ou que existem muito perto de nós; depois ajuntaremos alguns detalhes, sobre o estado de magnetismo habitual em que se achão, em virtude da mesma acção, as differentes minas de ferro espalhadas no seio da terra. Tudo que diz respeito ao magnetismo será terminado por hum resumo das differentes hypoteses, que os physicos tem imaginado sobre a cauza da força magnetica que reside no globo terrestre.

Temos reservado para o fim desta obra a mais delicada de todas as theorias, e vem a ser a da Luz. Discutiremos em primeiro lugar as duas oppiniões, das quaes huma faz consistir este fluido em huma emanação dos corpos luminosos, a outra o suppõe espalhado em toda a esphera do universo, e animado do movimento de vibração que lhe communicão os mesmos corpos; daremos as razões que nos obrigão a abraçar a primeira opinião. Faremos conhecer como se tem chegado a medir a velocidade da luz, e colocaremos na se-

rie das primeiras noções a descripção da aurora boreal, considerada como hum simples phenomeno de luz, cuja cauza não tem sido ainda bem determinada. Exporemos depois as leis da reflexão e refracção da luz, e as mudanças que ellas resultão nas direcções respectivas dos raios reflectidos por superfices curvas, ou refractados nos meios terminados por superfices do mesmo genero. Daremos as posições dos focos sejão reaes sejão imaginarios, que tem lugar nos cazos de que se trata. Hum exame mais profundo deste objecto nos dará lugar a considerar as relações que a reflexão e a refracção tem entre si, e a conduzir de novo a explicação physica de huma e outra acção do genero daquellas que se exercem a distancias infinitamente pequenas. Esta acção depende de huma força a que Newton chama *poder refractivo*; daremos conforme elle, o methodo de o avaliar, e faremos conhecer os resultados por via dos quaes elle tinha percebido, de certo modo, nas leis da refracção combinada com a densidade dos corpos, que o diamante era combustivel, e a agua continha hum principio inflamavel. A isto se acha necessariamente ligado o optimo trabalho que o cellebre Biot ideou, sondando a profundidade das inducções, que tinhão conduzido Newton aos resultados precedentes; ver-se-ha, por tanto, como as leis que segue a luz podem ser empregadas para penetrarmos mais intimamente a essencia dos corpos, e submeter ao calculo sua composição chimica. Completaremos esta theoria das forças que os corpos exercem sobre o fluido luminozo, applicando-a ao phenomeno conhecido pelo nome de *inflexão* e *diffracção*.

Virão logo as discubertas de Newton sobre

a natureza da luz, considerada como huma mistura de muitos raios differentemente refrangiveis, mostrando em suas cores huma gradação imperceptivel de modificações, que se reportão a sete especies principaes. O resultado das experiencias feitas com o prisma porá em practica a explicação dada pelo celebre geometra inglez, do modo como se forma o arco iris, o desenvolvimento do phenomeno dos aneis corados, e as consequencias que o mesmo sabio deduzio em relação ás cores naturaes dos diversos corpos, e á differença que ha entre os que são transparentes e os que são opacos. E empregando igualmente huma construcção engenhosa imaginada por Newton faremos ver em que consistem as cores que se chamão *accidentaes*, e como, dadas certas circunstancias a sensação de huma côr misturada se muda na sensação da côr que produzirião só certos raios, tomados d'entre aquelles que formão a mistura.

Daqui passaremos aos phenomenos que dizem respeito á vizão, e depois de termos descripto a estructura do olho, consideraremos depois este orgão nas circunstancias em que, guiado pelo tacto, adquire hum exercicio que se torna como fundamento das regras pelas quaes julgamos da fórma, da grandeza, e da distancia dos objectos. Explicaremos depois como o defeito de alguma das condições que as mesmas regras suppõe induz a nossa vista a certos érros que chamamos *illuzões d'optica*, entre as quaes as duas mais notaveis são, primeiro a que nos faz parecer a lua maior no horizonte doque no meridiano, a segunda a que nasce da desordem apparente das estrellas, conhecida com o nome de *aberração*.

Aos effeitos da vizão natural succedem os da

vizão ajudada pela arte. As leis da reflexão nos farão conceber como se produzem as imagens dos objetos, taes como as offerecem os espelhos, sejão os que, tendo huma superfice plana, reprezentão fielmente suas imagens; sejão os que, sendo concavos ou convexos, fazem varias fórmas, as grandezas e as distancias. Observaremos depois os effeitos da luz refractada, pelo que diz respeito á visão, e suppondo logo hum meio refringente de superfice plana, e hum ponto radioso posto no seu interior, trataremos da questão relativa á determinação do ponto de concurso imaginario dos raios, que depois de partirem do ponto radiozo se dispersão pelo effeito da refracção, passando por hum meio differente. Depois de ter applicado a mesma theoria á visão dos objectos postos n'agoa, exporemos hum phenomeno muito interessante, que depende da propriedade que tem certas substancias de dobrar as imagens dos objectos vistos a travez de duas de suas faces tomadas dos dois lados oppostos, e procuraremos esclarecer de alguma fórma a theoria deste phenomeno considerado na cal carbonatada, que he de todas as substancias de que se trata a que mais se presta á observação das differentes circunstancias que a modificão.

Faremos vêr depois os effeitos dos vidros simples, que por meio de sua curvatura, ajudão nossa vista, ou remedeão suas imperfeições. A theoria destes effeitos nos conduzirá a explicar os dos instrumentos que resultão da combinação de muitos vidros, como são os teloscopios e microscopios, e a fazer conhecer as avantagens que a arte tem tirado da refracção da luz, empregada sómente, ou combinada com a reflexão, para aug-

mentar os objectos, aproximallos, e mostrar-nos outros que ignoravamos. Procuraremos aprezentar com a maior clareza o principio sobre que he fundada a construcção das *lunetas achromaticas*, retardadas por muito tempo pelo obstaculo que lhe oppunha a authoridade de Newton, annunciada pela primeira vez como possivel por Euler, e emprehendida com bastante successo por Dollond. Em fim por nada omittir em hum objecto tão variado, daremos huma succinta descripção dos instrumentos que produzem seus effeitos sobre hum plano, que se apprezenta, como hum fundo, ao pincel da luz. Taes são a camara obscura, o microscopio solar, a lanterna magica ordinaria, e aquella cujo manejo occulto aos espectadores produz as illusões da fantasmagoria.

Julgamos não dever entrar neste plano os conhecimentos relativos á astronomia physica, á mecanica, e á chimica: estes conhecimentos sendo objectos para muitas obras, tem sido pedidas a homens de hum merecimento distincto, e estão agora nas mãos do publico. Se algumas vezes nós entramos em detalhes analogos a alguns delles he porque estão de tal fórma ligados ás materias que pertencem á Physica propriamente dita, que não podemos suprimillas, sem faltar á obrigação em que estamos de dar ao nosso objecto a maior estensão de que he susceptivel.

Nosso fim, na composição desta Obra, foi darmos hum Tratado de Physica razoado. Nós não citamos senão hum pequeno numero de experiencias, escolhidas todavia entre as mais decedidas, e temos dado ás consequencias que dellas resultão o desenvolvimento conveniente. Huma explicação se torna vaga, quando se reduz ao que

ella tem de mais geral. Seus detalhes, por assim dizer, são a pedra de toque das theorias; elles servem de abono á verdade da theoria, ou descobrem a falsidade de seus principios, e nos põe em estado de seguirmos passo a passo a marcha da natureza, mostrando-nos todas as relações que estabelecem a dependencia mutua dos factos seja entre si, seja com o facto que serve de base á theoria. Elles gerão estas ideas finas que dão, de certo modo, o ultimo toque ao painel de hum phenomeno; sua explicação tem mais esta avantagem de encherem os vazios susceptiveis de serem apreciados por aquelles que querem profundalo, e que vão além das questões que deixão o espirito em confusão.

Adoptando esta maneira de tratar hum asumpto, que tem ramificações numerosas e muitas vezes tão delicadas, que devia estender-se a conhecimentos modernos e ainda pouco uzuaes, temos nescessidade de consultar; e o reconhecimento nos faz hum dever de publicar aqui o quanto deve esta Obra ás luzes que o celebre Laplace nos tem dado em muitas conversações. Sabe-se muito bem que por meio de suas sublimes indagações sobre a astronomia physica, elle achou o segredo de adquirir nos differentes ramos de conhecimentos huma superioridade a que raras vezes chegão aquelles que se entregão simplesmente a hum só destes conhecimentos. A esta superioridade, e ao mesmo tempo á avantagem que elle possue no mais alto grão de manejar a analyse mathematica, he que he devida esta bella theoria dos phenomenos que apprezentão os tubos capillares, do que daremos huma exposição circunstanciada nesta segunda edição. Este objecto não tinha ainda sido

tratado senão de hum modo vago e insufficiente, e entre as numerosas obras que sobre este mesmo asumpto se tem produzido tem ainda deixado alguma couza de novo a M. Laplace que o tem exhaurido.

Forçando-nos a offerecer por hum simples raciocinio, o espirito dos methodos geometricos que servem a demonstrar as verdades, que tinhamos a patentear, julgamo-nos dispensados de expor estes methodos. Unicamente temos posto em notas diversos resultados que não exigem, para se saberem, senão conhecimentos ordinarios de calculo, e que se não achão mesmo em outra parte; nós sentimos com que prazer se lerá, entre estas ultimas, os que o nosso celebre collega M. Biot tem obtido relativamente á electrecidade. Os resultados os mais recentes de suas importantes indagações sobre as leis do magnetismo e sobre a refracção da luz que elle nos tem communicado, nos dão huma nova occazião de fazer conhecer o quanto a Physica lhe deve, e se tornão para nós hum novo motivo de testemunhar o quanto lhe somos reconhecidos pelo interesse que tem tomado em nosso trabalho.

TRATADO ELEMENTAR DE PHYSICA.

I. A Physica tem por objecto o conhecimento dos phenomenos da natureza. Na producção destes phenomenos, os corpos manifestão diversas propriedades, cujo estudo deve particularmente excitar nossa attenção; e indagando as leis estabelecidas pelo Ente Supremo para regular o exercicio destas mesmas propriedades, he que nos elevamos até ás theorias que servem de ligar os factos entre si, e de mostrar-nos sua mutua dependencia.

I. Das Propriedades mais geraes dos corpos.

II. Entre as differentes propriedades que os corpos possuem, as primeiras que se offerecem á nossa observação são as que tem relação mais intima com a natureza destes mesmos entes, considerados como simples união de particulas materiaes. Podem-se reduzir ás quatro seguintes: a extensão, a mobilidade, a impenetrabilidade, a divisibilidade.

I. Da Extensão.

III. Os philosofos se esgotarão em longas discussões sobre a verdadeira noção que devião dar de extensão, e se ella constitue a essencia da materia. Nós ainda não temos hum cabal conhecimento da natureza dos corpos para decidirmos taes questões, e os verdadeiros physicos não se occupão prezentemente com este objecto. Contentes com a idea que fazem de extensão, concebem que ella se dá onde ha contiguidade e distinção de partes; e o que os interessa sobre tudo he o poder medi-la, e em lugar de se recrearem procurar defini-la; e por ultimo comparar suas differentes partes; e tirar desta comparação resultados verdadeiramente uteis para os nossos conhecimentos.

IV. O modo como a extensão de hum corpo he limitada em todos os sentidos, determina a figura deste cor-

po; concebendo isto em geral, e reunindo todas as gradações insensiveis que o quadro da natureza offerece, podemos dizer que as figuras dos corpos varião infinitamente. Porém estas gradações insensiveis não fazem mais que modeficar ligeiramente as semelhanças attendiveis, que existem alias entre os entes de cada especie, ou sejão animaes, ou sejão vegetaes, ou sejão mesmo hum grande numero de corpos inorganicos encerrados no seio da terra; e para fixarmos nossa attenção nestes, cuja consideração, debaixo de hum certo ponto de vista, pertence á Physica, notaremos que hum grande numero delles apprezentão figuras regulares e determinadas, de maneira que só seu primeiro aspecto annuncia a acção de huma cauza submetida a leis que tem sua medida e seus limites. Estes corpos, que chamamos *cristaes*, são terminados por faces planas muito analogas ás dos solidos da geometria; desta sorte o caracter da perfeição nos mineraes he o que mais os aproxima da linha recta; as formas arredondadas são devidas a especies de perturbações occazionadas nas forças que sollicitão as moleculas a reunirem-se, se bem que nos animaes e vegetaes os contornos e os arredondamentos das partes são nescessarios á organisação, e contribuem á graça e elegancia das fórmas.

V. Os physicos concluirão destas observações, que os corpos cristallizados são compostos de particulas de huma figura determinada, muitos delles recorrerão ao microscopio, por tentarem roubar á natureza o segredo das formas elementares, servindo-se deste instrumento, como para asistirem á nascença dos cristaes. Porém o microscopio não nos mostra mais do que vemos a olhos nús, os mais pequenos corpos que elle nos possa fazer apperceber são cristaes ja formados, que não differem mais do que por suas dimensões daquelles cujo crescimento está chegado ao seu termo. Exporemos mais a baixo o unico meio que nos parece susceptivel de nos guiar relativamente ás indagações deste genero, e de offerecer em nossas observações, indicios senão certos, ao menos provaveis das fórmas que afecrão estes infinitamente pequenos da natureza, que escapão sempre á nossa vista.

VI. A extensão de hum corpo considerada relativamente a suas dimensões, dá o volume deste corpo. He o mesmo que os geometras chamão solidez.

Da Porosidade.

VII. Quando fazemos consistir a extensão na contigui-

dade das partes de que os corpos formão o todo, não nos pertendemos exprimir de huma maneira rigoroza. Sabe-se muito bem que os corpos são crivados interiormente por huma immensidade de pequenos vazios, aos quaes se dá o nome de *poros*; e he muito provavel que nos corpos haja mais de vazio que de cheio. A somma total das partes materiaes de hum corpo he o que se chama *massa* deste corpo; e a somma das particulas de materia contidas em hum volume dado, como hum metro cubico ou hum centimetro cubico, he o que chamamos *densidade* do corpo: do que resulta que a densidade he a razão da massa ao volume, ou, o que vem a ser o mesmo, igual á massa dividida pelo volume (a). Por exemplo hum pedaço de páo pode ter mais massa que hum pedaço de oiro, se seu volume tem bastante grandeza para este effeito, se bem que o páo tem necessariamente menos densidade do que o oiro, porque debaixo de hum mesmo volume contém menos partes de materias.

VIII. A faculdade que todos os corpos tem de se contrahirem pelo resfriamento, como logo explicaremos, faz ver que suas moleculas deixão entre si pequenos intersticios, que as deixão approximar: porém quando mesmo se supposesse que o resfriamento era levado ao ultimo gráo, nem por isso deveriamos julgar que as moleculas chegavão a occupar inteiramente estes intersticios, porque póde haver na sua fórma, no seu arranjamento, ou em outras quaesquer circunstancias huma cauza de separação procedida da natureza intima dos corpos. Por iso vemos que a expressão de *contacto immediato* que empregamos frequentes vezes, fallando das moleculas dos corpos, não deve ser tomada á letra; ella apenas designa a mais pequena distancia respectiva a que podem chegar as moleculas, segundo as circunstancias em que se achão.

Os Physicos provão a porosidade dos corpos com muitas experiencias conhecidas. Fazendo-se o vacuo, por meio da maquina pneumatica, em huma manga de vidro terminada na sua parte superior por huma pequena caixa de madeira, cujo fundo tem apenas 7 ou 8 millimetros de espessura, na qual se tem deitado agoa; verse-ha que a

---

(a) Segue-se que das tres quantidades, massa, volume, e densidade sendo dadas duas, com facilidade se deduzira a terceira, por esta formula $d = \frac{m}{v}$.

agoa passa a travez do fundo, e cahe por gotas no interior da manga. Substituindo-se a esta hum tubo de vidro guarnecido no alto com hum frasquinho de cristal ao qual serve de fundo hum pedaço de oiro, e cheio de mercurio athé a altura de dois dedos, com as primeiras exantlações da maquina, vêse o mercurio sahir em fórma de huma chuva argentifera.

IX. Pode-se mostrar a mesma propriedade por meio de huma experiencia simples e ao mesmo tempo interessante, feita com huma pedra da qual Newton tem fallado tratando desta mesma propriedade; por que ella dá lugar a hum phenomeno particular de luz (a).

Esta pedra he do genero das agathas, que são meias-transparentes, e bastantemente duras para darem faiscas com o fuzil. A esta se lhe tem dado o nome particular de *hydrophano*. Quando se mergulha esta pedra n'agoa, observa-se virem á superfice fios numerosos de pequenas bolhas d'ar, que succedem humas ás outras sem interrupção. O ar que occupava os poros da pedra he dislocado pela agoa que o substitue; ao mesmo passo que adquire hum novo gráo de transparencia; e se por accazo se tem a precaução de a pezar antes da experiencia, acha-se-lhe depois hum augmento sensivel. Explicaremos, quando fallarmos dos phenomenos da luz, a cauza physica da transparencia adquerida pelo hydrophano: porque não o consideramos aqui senão como dando-nos hum exemplo palpavel da porosidade dos corpos; e mesmo a experiencia que acabamos de citar, nos ensina o que nenhuma outra nos faz vêr; a saber: que não se devem considerar os poros como absolutamente vazios de qualquer outra materia estranha, mas sim occupados pelo ar, ou por qualquer outro fluido subtil, dissenimado entre as moleculas dos corpos.

Hum hydrophano, que pezava 18 decigrammas no seu estado natural, depois de ter sido submetido a esta experiencia, pezava perto de 21 decigramma, donde se conclue que seu pezo tinha augmentado $\frac{1}{6}$. A pedra perde pela deseccação a agua que tinha embebido, e toma ao mesmo tempo sua opacidade natural.

X. A pelle do homem e dos animaes he crivada de huma immensidade de poros por onde sahem, por meio da transpiração, as partes dos alimentos que não contribuem

(a) Optice lucis, pars tertia, propos. tertia.

á nutrição. Independentemente da transpiração sensivel, que se chama *suor*, e que he accidental, faz-se huma insensivel, que obra mais ou menos em todos os instantes, e que, antes das experiencias de Sanctorius, não se podia imaginar que fosse tão abundante. Este Sabio celebre teve a constancia de passar huma parte de sua vida em huma balança, onde se pezava, para determinar as perdas occazionadas pelos effeitos da transpiração. Elle achou que esta especie de evacuação nos fáz perder, no espaço de vinte e quatro horas quazi $\frac{5}{8}$ da nutrição que tinhamos tomado.

XI. Dodard, repetindo depois estas mesmas experiencias, attendeo á differença de idade, e convenceo-se de que se transpirava mais na mocidade. Mas os physicos que se occuparão com este objecto, não tinhão distinguido o effeito da transpiração que se faz pelo pulmão, donde a materia se escapa por meio da expiração, do effeito que he devido á transpiração cutanea, ou a que tem lugar por intermedio da pelle. Seguim emprehendeo, junto com Lavoisier de determinar os dois effeitos, e depois de ter procurado, ao ordinario, o resultado da transpiração total, suprimio a que se fazia pela pelle, applicando sobre este orgão huma capa impermeavel ao humor que elle deita para fora; obteve assim a quantidade de transpiração pulmunar, e o meio entre os resultados destas experiencias dá $\frac{7}{11}$, que he a razão entre esta quantidade e a da transpiração cutanea, isto he, o effeito que provém da transpiração pulmonar he mais do terço do effeito total.

XII. Nós não temos algum meio de calcular a densidade absoluta dos corpos. Seria precizo que existisse huma materia perfeitamente densa, que nos podese servir de termo de comparação, para determinarmos em cada corpo a razão entre a quantidade de materia propria e a somma dos poros. Por falta de huma tal materia não podemos senão comparar entre si as differentes densidades dos corpos; o que faremos por via do pezo como logo diremos.

II. Da Mobilidade.

XIII. A mobilidade he aquella faculdade que hum cor-

po tem de poder ser transportado de hum para outro lugar. Este estado que se chama *movimento*, suppõe a acção de huma cauza a que se deu o nome de *força* ou *potencia*. Para que esta cauza exista não he precizo que o corpo que ella sollicita tenha hum movimento real. Deste modo, quando dois corpos se equilibrão nas duas extremidades da alavanca de huma balança, elles conservão este estado por meio de forças realmente existentes, mas que seus effeitos se destroem mutuamente, ou se limitão a produzir nos corpos huma tendencia a mover-se.

XIV. O movimento he uniforme, quando o movel corre sempre o mesmo espaço no mesmo tempo; he accelerado ou retardado, quando o movel corre, em tempos iguaes, espaços que vão successivamente augmentando ou diminuindo.

Da Velocidade.

XV. No movimento uniforme, o tempo que hum corpo gasta em correr cada espaço determinado póde ser mais ou menos longo, conforme he maior ou menor a energia da força motriz.

Para comparar entre si o movimento de dois corpos, no cazo de uniformidade, tome-se hum intervallo de tempo; por exemplo, hum segundo, por unidade: escolhe-se igualmente huma unidade de espaço, tal como hum metro. Desta maneira se exprime o espaço total que tem corrido cada corpo, e o tempo empregado em corre-lo, por numeros abstractos, que indiquem quantas vezes elles contem a unidade de sua espece; e dividindo o numero que reprezenta o espaço pelo que reprezenta o tempo, tem-se a velocidade de cada corpo. Suppondo-se, por exemplo, que hum dos corpos tem corrido trinta e cinco metros em sete segundos, e o outro vinte e quatro metros em seis segundos, a velocidade do primeiro será $\frac{35}{7}$, e a do segundo será $\frac{24}{6}$; isto he, que as velocidades estarão entre si na razão de 5 para 4 (a).

Por isto se vê o sentido em que deve ser tomada a

(a) Logo sendo dadas, das tres quantidades, espaço, tempo, e velocidade, duas, com facilidade se achará a terceira, deduzindo desta formula $v = \frac{e}{t}$.

noção que se dá de velocidade, quando se diz que he igual ao espaço dividido pelo tempo. Rigorosamente duas quantidades heterogeneas, como são espaço e tempo, não podem dividir-se huma pela outra. Assim, esta lingoagem não he senão hum modo abreviado de exprimir que a velocidade he igual ao numero das unidades do espaço dividido pelo numero de unidades do tempo, que medem o movimento de hum corpo.

XVI. Como as forças, não se deixão vêr senão pelos seus effeitos, por estes effeitos que ellas são capazes de produzir he que nós as podemos medir. Ora o effeito de huma força he imprimir a cada particula de hum corpo huma certa velocidade. Suppõe-se neste cazo, que todas as particulas recebem a mesma velocidade, e o effeito da força tem por medida a velocidade tomada tantas vezes quantas são as particulas do corpo; ou, abreviando, sua medida he o producto da massa pela velocidade. Este producto he o que se chama *a quantidade de movimento de hum corpo.*

Da Inercia.

XVII. Todos os corpos persistem por si mesmo em seu estado de quietação ou de movimento uniforme em linha recta; de modo que hum corpo em quietação não póde passar ao estado de movimento sem ser sollicitado por alguma força, e mesmo o movimento rectilineo uniforme de hum corpo não póde ser destruido ou mudado sem a acção de huma cauza estranha.

Segue-se disto que quando hum corpo se move com hum movimento accelerado ou retardado, deve-se suppor que a acção de huma força intervem a cada instante para occazionar huma variação na velocidade, que sem esta nova força seria uniforme.

XVIII. O que viemos de dizer não he outra couza mais que huma maneira differente de exprimir-mos que hum corpo não póde dár movimento a si mesmo, nem tambem tirar de si aquelle que já tinha. Tem-se chamado *inercia* a este deffeito de aptidão, ou impotencia que tem os corpos de cauzarem por si mesmo huma mudança no seu estado actual. Ora sabe-se que hum corpo, que muda de estado pela acção de huma força estranha, não se abandona a este effeito sem alterar o estado desta mesma força, isto he, sem roubar-lhe huma parte do seu movimento. Concluio-se que a perseverança de hum corpo em seu estado de quietação ou de movimento uniforme, era o effeito de huma

força real que residia neste corpo; e tem-se olhado esta força ora como huma resistencia, porque se oppunha á acção de outra força por mudar o estado deste corpo, ora como hum esforço, porque tendia a fazer mudança no estado da outra força.

XIX. O celebre Laplace propoz hum methodo mais simples e mais natural de encarar a inercia. Para conceber em que ella consiste, supponhamos que hum corpo em movimento encontra outro em quietação: aquelle lhe communicará huma parte do seu movimento; de modo que se o primeiro tem, por exemplo, huma massa dupla da do segundo, em cujo cazo sua massa será dois terços da somma das massas, a velocidade que elle conservará será tambem dois terços da que elle tinha então; e como o outro terço que elle cedeu ao segundo corpo se acha espalhado em huma massa mais pequena huma vez, os dois corpos terão depois do choque a mesma velocidade. O effeito da inercia se reduz por tanto á communicação que hum dos dois corpos faz ao outro de huma parte de seu movimento; e porque este não póde receber sem o outro perder, tem-se attribuido esta perda a huma resistencia opposta pelo corpo que recebe. Mas acontece aqui ao movimento quasi o mesmo que aconteceria a hum fluido elastico contido em hum vaso, com o qual se pozesse em communicação outro vaso que estivese vazio; este fluido se introduziria por sua força expansiva no segundo vaso até que se achasse distribuido uniformemente nas capacidades dos dois: da mesma fórma hum corpo que choca outro, não faz, por assim dizer, senão diffundir no outro huma parte do seu movimento, e não ha maior razão de suppormos antes aqui huma resistencia, que no exemplo que acabamos de citar.

He bem verdade que quando se toca com a mão hum corpo que está em quietação, ou está em movimento porém menos rapido que o da mão, julga-se sentir huma resistencia; mas esta illusão provém, de que o effeito seria o mesmo relativamente á mão, se ella estivese em descanço, e viesse o corpo toca-la com hum movimento em sentido contrario.

Limitar-nos-hemos aqui a estas noções geraes, pelo que pertence á mobilidade; e não entraremos nos detalhes relativos ás differentes especies de movimento e a outros resultados, cuja consideração pertence ás sciencias physico-methematicas.

III. Da Impenetrabilidade.

XX. Quando hum corpo em movimento encontra outro que esta em quietação, não toma o lugar que occupava este, senão obrigando-o a deixa-lo em virtude da parte de seu movimento que lhe tem communicado. Esta observação nos ajuda a descobrir nos corpos outra propriedade a que se dá o nome de *impenetrabilidade* e que consiste na faculdade que hum corpo tem de excluir qualquer outro do lugar que occupa; de maneira que dois corpos pesros em contacto, nunca podem occupar hum espaço menor que o que elles occupavão quando estavão separados.

XXI. Se existissem corpos em que se pudesse emprehender duvidar da impenetrabilidade serião certamente aquelles, que sendo invisiveis, e tendo suas moleculas perfeitamente moveis, são susceptiveis de ceder á mais ligeira pressão. Ainda que não seja aqui occazião de darmos huma noção exacta dos corpos que chamamos *fluidos*, há hum, que he o ar atmospherico, cuja existencia nos he bem familiar, e por isso o podemos citar aqui como exemplo.

Em quanto este fluido não está fechado, sua extrema mobilidade faz com que todos os corpos que se movem por entre elle tenhão huma livre passagem; mas neste caso elle he dislocado, e nunca penetrado: por que se este fluido he retido pelas paredes de hum vaso e que se lhes appresenta hum corpo para tomar seu lugar sem o deixar sahir, então exerce sua impenetrabilidade como os outros corpos solidos. Disto pois nos convenceremos igualmente por meio de huma experiencia muito simples, e que qualquer póde fazer. Consiste em mergulhar hum vaso verticalmente, com seu orificio para baixo, em outro vaso cheio d'agoa até huma certa altura. A superficie d'agoa que corresponde ao orificio do primeiro vaso, se abaixa á medida que este vaso desce; e póde-se fazer este abatimento mais sensivel, com huma laminazinha de pão que se fas fluctuar na superficie d'agoa. Entretanto esta agoa não he excluida inteiramente pelo ar contido no vaso mergulhado; sempre se eleva huma certa quantidade que augmenta á medida que o vaso desce a huma grande profundidade. Mas este effeito he devido a huma propriedade do ar, que faremos conhecer ao depois em virtude da qual elle se comprime occupando hum menor espaço, pelo esforço que faz a coluna d'agoa que corres-

ponde á abertura do vaso, para se pôr em nivel com a agoa de fóra.

XXII. Devemos aqui prevenir huma difficuldade que parece resultar de que quando se misturão certos corpos, o volume da mistura he menor que a somma dos volumes tomados separadamente. He o que acontece justamente, quando se misturão partes iguaes d'alkohol com agoa, e o que acontece quando se faz alliagem do cobre com o zinco por meio da fuzão, para formar o que se chama *cobre amarello*, ou *latão*. Observa-se que então a densidade da mistura augmenta quasi huma decima parte. Esta penetração apparente provém de que as moleculas dos dois corpos, em virtude de suas figuras particulares, se aproximão em geral mais que nos dois corpos tomados separadamente. Resulta por isto na figura dos poros huma mudança que diminue o espaço igual á somma destes póros; pelo contrario na alliagem da *prata* com o *cobre* se faz huma especie de rarefacção, de sorte que o volume da mistura he hum pouco maior que a somma dos volumes dos dois corpos antes da fuzão.

IV. Da Divisibilidade.

XXIII. A palavra *divisibilidade* na sua simples significação não nos apprezenta nada que não seja perfeitamente conhecido, por que todos os corpos tem partes que se podem conceber facilmente como separadas humas das outras. Porém a materia he por ventura divizivel ao infinito, de modo que sua divizão não tenha alguns limites possiveis? Ou antes ella he composta, em ultimo resultado, de moleculas indivisiveis, e que se devem olhar como simples? Nova origem de discussões interminaveis entre os partidistas das duas opiniões, em que o espirito humano tem exercitado toda a subtileza para achar argumentos a favor de cada huma, e difficuldades contra a outra: depois de se ter disputado immenso, e escripto muito, tudo por cauza de hum atomo, nada se avançou, e a sciencia não se adiantou mais com a solução de huma tal questão. Tem-se banido da Physica todas estas questões estereis ao progresso dos nossos conhecimentos. E em lugar de procurar se hum corpo era divisivel ao infinito, nós o temos analysado o mais que póde ser, e destas analyses temos tirado conhecimentos que espalhão luzes sobre factos olhados antes como inexplicaveis. Tem-se sabiamen-

te visto que os limites da experiencia e da observação são para nós o mesmo que os da propria natureza.

XXIV. O que he certo pelo que diz respeito á divisão dos corpos, he que as partes separadas humas das outras, por meio della, chegão a tal delicadeza que espanta a nossa imaginação. Nós podemos trazer para prova disto as materias colorantes, e com muita particularidade o carmim, que he huma especie de pó que se tira do insecto chamado communmente *cochonilha*. Dissolve-se huma pequena quantidade deste pó, do pezo de 5 centigrammas (pouco menos de hum grão), no fundo de hum vazo, no qual se deita depois 10 kilogrammas ou quasi 30 libras d'agoa. A côr se espalha de modo que se torna sensivel por todo o volume d'agoa. O pezo desta agoa sendo trezentas mil vezes maior que a de cinco centigrammas de carmim, supponde-se que cada centigramma contém unicamente duas moleculas do principio colorante, ter-se-hão tres milhões de particulas visiveis em cinco centigrammas de carmim.

XXV. As impressões que se fazem no alfacto, não são menos proprias que as que affectão a vista, a fazer-nos julgar a que extrema divisão chega a materia. Ha corpos cujo pezo he apenas sensivelmente alterado depois de hum grande lapso de tempo, durante o qual todos aquelles que se achão a huma certa distancia não deixão de resentir a acção das particulas odoriferas emanadas da substancia destes corpos.

Tira-se de hum bolcico, incluido no corpo de certos animaes huma substancia a que se dá o nome de *almiscar*, do qual hum só grão espalha hum grande cheiro, por hum certo numero d'annos, em hum lugar em que o ar he frequentemente renovado. A simples fricção de hum papel que servio de embrulhar huma porção desta mesma substancia, basta para fazer hum vestido cheirozo por muito tempo.

XXVI. Os processos das artes podem dar-nos huma idea tanto mais justa da mesma propriedade, quanto os resultados são susceptiveis de serem calculados. Segundo a observação de Boyle, o pezo de hum grão de ouro, ou quazi 53 milligrammas, reduzido a folhas, póde cobrir huma superficie de 50 polegadas, das quaes cada huma teria por consequencia perto de 27 millimetros de lado: ora podemos conceber o millimetro dividido em oito partes visiveis, o que dá 46656 pequenos quadrados visiveis em huma folha de ouro quadrada de 27 millimetros de lado, e como o numero destas folhas he de 50, concluir-se-ha

que huma pequena massa de ouro de peso de 53 milligrammos, póde ser dividida em mais de dois milhões de partes sensiveis, á simples vista; porque por meio de microscopio cada parte se torna huma folha de ouro, onde o olho e o calculo ainda tem que fazer.

A divisão vai muito mais longe no trabalho do tirador do ouro a fieira. Tome-se huma certa quantidade de folhas deste metal, cujo pezo não exceda á de 3 decagrammas ou quasi huma onça, e cubra-se com ellas hum cylindro de prata. Fas-se passar depois este cylindro por differentes fieiras, e quando se tem reduzido a hum fio tão delicado como hum cabelo, coberto em todos os pontos de huma camada de ouro extremamente fina, achata-se entre dois rolos d'aço. Neste estado, forma huma lamina cujo comprimento he quasi igual a 444 mil metros, que corresponde 111 legoas de 2000 toezas cada huma. Mas esta lamina sendo revestida de huma camada de ouro em cada huma de suas faces, podem-se considerar as duas camadas como duas luminas d'ouro extremamente finas, e imaginadas postas na continuação huma da outra. De mais, a largura da lamina sendo quazi de $\frac{1}{4}$ de millimetro ou $\frac{1}{9}$ de linha, póde-se suppor esta largura dividida em duas, e desta sorte a quantidade de ouro empregada equivale a quatro laminas cada huma do comprimento de 444 mil metros. Agora concebendo-se cada millimetro contidos neste comprimento divididos em oito, terse-ha mais de 14 billiões de partes visiveis em huma pequena massa d'ouro do pezo de 3 decagramas, e que equivale a hum cubo d'ouro cujo lado não teria mais de 12 millimetros ou 5 linhas e $\frac{1}{3}$ de comprimento.

Esta prodigioza extensão de que he susceptivel o ouro, depende de sua ductilidade junta á sua grande densidade; duas qualidades igualmente preciozas para as artes, cujo fim he applicar este metal na superficie da madeira, do cobre ou outras materias, ás quaes elle as mais das vezes serve de abrigo e ornato.

XXVII. Ajuntaremos aqui hum exemplo tirado da substancia lapidea, que tem o nome de *mica*, que cede com muita facilidade á operação a que temos chamado *divisão mecanica*. Temos chegado a destacar desta substancia hu-

ma lamina que pela sua grande tenuidade, em lugar de nos apprezentar a côr amarella natural á pedra, reflecte hum bom azul, como explicaremos, quando fallarmos da luz. Tendo calculado a espessura desta lamina segundo huma regra indicada por Newton, e que igualmente faremos conhecer, acharemos que he igual a 43 millionecimas de hum millimetro, ou quasi 1,6 millionecimas de huma polegada, o que suppõe que se póde obter 23255 laminas isoladas, dividindo hum pedaço de mica de espesura de hum millimetro ou $\frac{4}{9}$ de linha.

XXVIII. Não podemos melhor terminar este artigo que expondo huma idea muito sabia de Newton, sobre limites prescriptos á divisão dos corpos, no estado actual das couzas. Este grande philosopho pensa que o Sér Supremo no acto da creação da materia, a compoz de diversas especies de moleculas elementares, solidas, duras, invariaveis, cujas dimensões, figuras e differentes qualidades erão apropriadas aos fins a que elle se propunha (1). Ora era tal a fixidez destas moleculas, que nem os processos da arte, e mesmo nenhuma força existente na natureza, pódem nem dividi-las, nem altera-las, sem que a essencia dos corpos mudasse com o tempo. Desta sorte todas as modificações que padecem os corpos, dependem unicamente de que estas moleculas mudaveis se separem humas das outras, e se reunão depois de differentes modos a fim de formarem novas combinações. Estas differentes moleculas são tãobem verdadeiras substancias simples da chymica; e os resultados das operações que as apresentase isoladas, serião o termo dos esforços desta sciencia, que considera como simples as substancias, que ella não póde mais decompor, e coloca sabiamente a simplicidade no lugar aonde acaba a observação.

II. DA ATTRACÇÃO.

XXIX. Nas acções submettidas ás leis da mecanica ordinaria os movimentos, que sollicitão os corpos a attrahirem-se, são devidos a agentes exteriores bem conhecidos, que repelem os corpos e os attrahem, de maneira a fazer-lhes diminuir sua distancia respectiva; mas a observação do que se passa na natureza nos offerece huma

(1) Optice lucis, lib. 3, quæst. 31.

immensidade de phenomenos, nos quaes basta concorrerem dois corpos, para que sendo abandonadas a si mesmo, se aproxime hum do outro, sem que exista entre elles ou á roda delles alguma cauza sensivel deste movimento.

Muitos physicos pensarão que, nestas circunstancias, os corpos erão movidos por agentes invisiveis, que se escapavão a todos os meios de se provar directamente sua existencia, e Newton mesmo não ousou assegurar que a impulção fosse estranha a esta classe de phenomenos (1). Mas este grande geometra e os que seguirão sua doctrina, conhecerão que o ponto essencial não era indagar aqui a natureza da cauza motriz, mas sim estudar o modo como ella obra, deduzindo de certos phenomenos leis que a regessem, e empregar depois estas leis como principios para explicar ou mesmo antever todos os outros phenomenos que tem huma intima ligação com os primeiros. E porque as couzas se passão, segundo nos parece, como se os corpos tendessem a unirem-se por si mesmos, designou-se esta tendencia mutua pela palavra *attracção*, que, reduzida á sua verdadeira significação, exprime o effeito e não a cauza.

XXX. Ha tambem circunstancias em que os corpos separados por hum intervallo mais ou menos sensivel, se alongão huns dos outros sem que alguma cauza exterior pareça determinar-lhes isto, e indicou-se pela palavra *repulção* o exforço que elles exercem em fugir hum do outro.

XXXI. A diversidade de phenomenos que dependem da attracção, tem feito subdividir esta força em duas especies. Huma que pertence muito particularmente á Physica, he o *pezo absoluto* ou *a gravitação*; a outra da qual a Physica reparte o estudo com a Chymica, he a *affinidade* ou *attracção molecular*.

I. Do Pezo absoluto ou da Gravitação.

XXXII. Deu-se o nome de *pezo absoluto* ou de *gravidade* á força em virtude da qual hum corpo abandonado a si mesmo tende a precipitar-se na terra.

XXXIII. Os philosophos antigos imaginarão diversos systemas para discobrirem a cauza deste phenomeno, tão simples aos olhos do vulgo, que acha como natural que

(1) Optice lucis, lib. 3. quæst. 31.

hum corpo caia huma vez que não seja sustido. De todos estes systemas, o mais ingenhoso e o mais persuasivo foi certamente o de Descartes, que fazia depender a queda dos corpos do movimento de huma materia subtil, cujo turbilhão circula a terra. Todas as partes deste turbilhão tendo huma força centrifuga, que as sollicitava a alongar-se da terra, determinavão a que os corpos se movessem de cima para baixo em huma direcção contraria á desta força. Mas suppondo mesmo a existencia dos turbilhões, que prezentemente ninguem admitte, a explicação de Descartes tinha contra si muitas difficuldades insoluveis, das quaes huma consistia em que hum corpo posto no plano de huma parallela ao equador, deveria descer obliquamente á superficie da terra para o ponto do eixo a que corresponderia o centro da parallela de que se trata, em lugar de ser a direcção da gravidade sempre perpendicular á mesma superficie. Este systema de Descartes desapareceo antes da theoria da *gravitação universal*; da qual só o nome exprime o esforço sublime pelo qual o genio de Newton fez entrar os movimentos celestes e os maiores phenomenos da natureza no domino da gravidade.

Da differença do Pezo absoluto ao Pezo relativo ou da differença da Gravidade ao Pezo.

XXXIV. A gravidade deve olhar-se como obrando igualmente a cada instante em cada huma das moleculas de hum corpo. Resulta logo deste principio, que a velocidade que ella imprime a hum corpo que cahe não depende da massa total deste corpo; ella he para todas as moleculas do corpo tomadas juntamente, o mesmo que seria para cada molecula separada da massa. O ter hum corpo mais ou menos massa, não nos serviria senão para entendermos que este corpo tem mais ou menos moleculas animadas da mesma velocidade; porém a velocidade commum não será nem augmentada nem diminuida. Entre tanto vemos que os corpos não cahem com a mesma velocidade, nem chegão ao mesmo tempo á superficie da terra, suppondo que elles cahem da mesma altura. Vamos a dar a razão desta differença, depois que tivermos estabelecido a distinção que deve haver entre a gravidade, e o que se acha propriamente pezo deste corpo. A gravidade se mede, como viemos de dizer, pela velocidade que ella imprime a cada molecula de hum corpo,

e esta velocidade he independente do numero das moleculas; mas o pezo de hum corpo se mede pelo esforço que he precizo fazer para suster este corpo e empedir que não cahia. Ora este esforço he tanto maior, quanto o corpo tem mais moleculas animadas da mesma velocidade: e desse modo o pezo tem propriamente por expressão o producto da massa pela velocidade, donde se segue que elle varia na mesma razão que a massa, relativamente aos corpos que pezamos, porque suppõe-se que esses corpos são sollicitados por velocidades iguaes. He facil agora de conceber porque, nos corpos abandonados a si mesmo, os que tem mais massa cahem da mesma altura mais depreça, do que os que tem menos massa. Esta differença provém da maior resistencia que o ar oppõe aos corpos que tem menos massa; porque se suppomos, por exemplo, duas bolas do mesmo diametro, huma de chumbo, outra de madeira, que começão a cahir no mesmo instante, estas dulas bolas apprezentão superficies iguaes á resistencia do ar, haverá por tanto duas resistencias iguaes applicadas a dois corpos animados da mesma velocidade inicial; do que se segue que a resistencia do ar fará perder á bola de madeira, que tem menos quantidade de movimenso, huma porção maior de velocidade, do que a que será perdida no mesmo tempo pela bola de chumbo; e a primeira continuando a perder a cada instante mais do que a segunda, chegará mais tarde.

XXXV. Galileo, para quem estava reservada a gloria de preparar de longe a theoria de Newton, pela descoberta que fez da lei a que he submetida a acceleração dos graves; Galileo, digo, tendo feito cahir de huma grande altura differentes bolas de oiro, de chumbo, de cobre, de porphyro, com huma bola de cera, observou que todos estes corpos empregavão quazi o mesmo tempo para chegarem á terra. A bola de cera, foi a unica que sensivelmente se foi retardando, não estando mais que a quatro polegadas distante da terra no fim da queda dos outros corpos. Galileo, considerando que esta differença estava bem longe de ser proporcional á do pezo, concluio que ella dependia da resistencia do ar. Esta conjectura foi depois verificada por experiencias directas, que consistem em fazer cahir do alto de hum tubo, no qual se tem feito o vacuo o mais perfeito possivel, corpos de differentes massas, como chumbo, ferro, páo, penna, e lãa, &c. e observou-se que todos estes corpos não fazião differença sensivel no tempo de sua queda. Quan-

to aos corpos que se elevão no ar, taes como o fumo, sabe-se que sua subida he devida a elles se acharem especificamente mais leves que o ar: elles são para este fluido, o mesmo que hum pedaço de páo he para a agoa, que prolongado na mesma a huma certa profundidade, e abandonado depois a si mesmo, logo sobe á superficie da agoa. O vulgo olha como sendo destituido de gravidade tudo o que se eleva, em lugar de cahir: o que tem feito dizer a Newton, que os pezos do vulgo erão o excesso dos pezos absolutos dos corpos sobre o pezo do ar. A subida dos ballões aerostaticos ao ar he bem imaginada para desabusar os partidistas desta theoria dos corpos sem gravidade.

Da acceleração do Movimento produzida pela Gravidade.

XXXVI. Temos visto (17) que hum corpo huma vez posto em movimento, tende por si mesmo a conserva-lo com a mesma velocidade, e conforme a mesma direcção que tinha no primeiro instante. Mas se este corpo fosse movido por huma força que obrasse nelle sem interrupção, e cujas acções fossem iguaes em tempos iguaes, sua velocidade cresceria sempre e de huma maneira uniforme.

XXXVII. Deste genero he o movimento que produz a gravidade nos corpos que ella sollicita. Para bem conceber mos a lei da acceleração que resulta, supponhamos que hum corpo emprega hum tempo finito, como tres ou quatro segundos, em cahir de huma certa altura; poderemos considerar este tempo como composto de muitos instantes infinitamente pequenos, e faltaria conceber que no primeiro instante o movel recebia da gravidade hum gráo de velocidade infinitamente pequeno, e que em cada hum dos instantes seguintes se ajunta hum igual gráo de velocidade á velocidade precedente; de sorte que as velocidades do movel durante diversos instantes consecutivos de sua queda, crescerão como os numeros naturaes 1, 2, 3, 4, 5, &c. segue-se disto que o numero de gráos de velocidade adquirida successivamente pelo movel, he sempre igual ao numero de instantes em que dura o movimento, isto he, que a velocidade cresce como o tempo.

Supponhamos hum triangulo rectangulo *scb* (Pl. 1, fig. 1.) dividido por linhas *gh*, *il*, *kn*, &c. parallelas á base *bc*, de maneira que as partes *sh*, *hl*, *ln*, &c. da altura, comprehendidas entre estas linhas, sejão iguaes en-

tre si: concebendo-se que estas partes reprezentão, por exemplo, segundos de tempo, *gh* representará a velocidade adquerida pelo movel no fim do primeiro instante, ou segundo, *il* a velocidade adquirida no fim de dois segundos, e assim para diante; porque as linhas *gh*, *il*, *kn*, estando entre si na razão das linhas *sh*, *sl*, *sn*, &c., as primeiras estão para as segundas como as velocidades estão para os tempos.

Suppondo-se agora o triangulo *seb* subdividido por muitas linhas comprehendidas entre *s* e *gh*, *gh* e *il*, *il* e *kn*, &c., estas linhas, partindo do ponto *s*, representaráõ as velocidades durante as instantes successivos infinitamente pequenos que compõe os tempos representados por *sh*, *sl*, *sn*, &c.; e porque estas velocidadades não são outra couza mais que os pequenos espaços corridos nos instantes correspondentes, o triangulo *sgh*, sendo a somma dos espaços que correspondem ao tempo medido por *sh*, esta somma representará o espaço total corrido no primeiro segundo (1); da mesma sorte o triangulo *sil* reprezentará o espaço corrido nos dois primeiros segundos, e assim os outros. Ora os triangulos *sgh*, e *sil*, &c. estão entre si como os quadrados de suas alturas *sh*, *sl*, &c. d'onde concluiremos que os espaços corridos pelo movel, desde a origem do movimento, estão como os quadrados dos tempos empregados em corre-los. Desta sorte os tempos representados por *sh*, *sl*, *sn*, &c., estando entre si como os numeros naturaes 1, 2, 3, 4, 5, &c:, os espaços correspondentes estarão na razão dos quadrados destes numeros 1, 4, 9, 16, 25, &c.

Segundo isto, he facil obter-se a razão que seguem os espaços corridos em differentes tempos consecutivos iguaes entre si; porque se designamos o primeiro destes espaços pela unidade, he bem claro que os seguintes serão representados pelas differença entre os termos da serie 1, 4, 9, 16, 25, &c., que designão os espaços, desde a origem do movimento. Logo os espaços corridos em tempos iguaes e consecutivos, contando desta mesma origem, estarão entre si como os numeros impares 1, 3, 5, 7, &c. entre os quaes todos os que seguem os primeiros, dão as differenças de que se trata.

---

(1) Nada se oppõe a empregarmos a superficie de hum triangulo para reprezentar hum espaço em comprimento, ou huma simples dimensão, imaginando postos seguindo huns aos outros todos os elementos que juntos fazem o triangulo.

Tem-se achado, pela experiencia, que hum corpo ao qual o ar não oppunha alguma resistencia sensivel, cahia de 15 pés e $\frac{1}{10}$, que he o mesmo com pouca differença que 49 decimetros, no primeiro segundo do seu movimento. Este conhecimento huma vez adquirido, he facil determinar a altura d'onde hum grave cahio, dado o numero dos segundos que gastou na sua queda, tomando tantas vezes 49 decimetros, quantas são as unidades no quadrado deste numero de segundos.

XXXVIII. Imaginemos que no fim de hum certo tempo, por exemplo, do que he representado por *sh*, a gravidade ou a força acceleratriz deixa de obrar: o corpo se conservará no seu movimento em virtude da velocidade *gh* tornada uniforme. Logo suppondo-se que elle continúa a mover-se por hum tempo igual ao primeiro, e que podemos designar por *lh*, o espaço que elle correr sendo igual á velocidade *gh*, tomada tantas vezes quantos são os instantes que correspondem a *hl*, este espaço será como o producto de *gh* por *hl*, que he o dobro da superficie do triangulo *sgh*; do que se segue que no movimento uniformemente accelerado que resulta da gravidade, o espaço corrido em hum tempo dado, he ametade daquelle que o movel he capaz de descrever com a velocidade adquirida continuada uniformemente.

XXXIX. A descuberta da lei segundo a qual a gravidade obra nos corpos colocados na proximidade da terra, e que temos dito ser devida a Galileo, não era mais que hum primeiro passo dado no principio de huma carreira immensa, que estava reservado para Newton corre-la. O principio da gravidade se tornou em suas mãos de huma fecundidade que não tem, por assim dizer, outros limites senão os que o mesmo universo tem. Este grande geometra conjecturou que esta força, cuja intensidade não parecia ser sensivelmente mais pequena no cume das mais altas montanhas que na superficie do globo, se estendia até á Lua, e que, combinada com o movimento de projecção deste satellite, lhe fazia descrever huma orbita elliptica á roda da terra. A gravidade, a esta distancia, devia-se achar diminuida de huma quantidade appreciavel; e para determinar a lei desta diminuição, Newton calculou, tendo conhecido o movimento da Lua em sua orbita, e segundo a razão entre o raio da terra e o da mesma orbita de que altura a Lua, abandonada unicamente á

sua gravidade desceria á terra em hum instante determinado: comparando depois esta altura com a que mede, no mesmo tempo, a queda dos graves perto da superficie da terra, achou que a lei da gravidade, suppondo que esta força se estendia até á Lua, seguia a razão inversa do quadrado das distancias. Por ultimo elle generalisou este resultado, considerando o Sol como o foco de huma força que se propaga infinitamente no espaço, e que obra na razão directa das massas e reciproca aos quadrados das distancias, sobre todos os corpos de nosso systema planetario, ao mesmo tempo que estes corpos exercem huns para os outros as mesmas acções. Este breve exposto basta para deixar ver o immenso trabalho emprehendido por Newton e pelos illustres geometras que aperfeiçoarão a sua theoria, em determinar as diversas modificações de huma lei tão simples em si mesmo e tão complicada em seus resultados, por distinguir a influencia mutua dos phenomenos, e desatar o nó pelo qual cada detalhe tende a unir-se.

XL. A attracção que os differentes corpos da natureza exercem entre si, não he outra couza mais que a somma das attracções particulares de todas as moleculas de hum corpo; do que resulta que o principio que deu a Newton como a chave da theoria, considerando-o na sua maior generalidade, deve ser anunciado desta maneira: *Todas as moleculas da materia se attrahem mutuamente em razão directa das massas, e inversa do quadrado das distancias.*

XLI. Para dar hum novo desenvolvimento a este principio, que teremos occazião de applicar a diversos phenomenos, que são do dominio da Physica, supponhamos, com Newton, huma casca espherica *pnx* (fig. 2.), da qual todas as particulas obrassem por attracções em razão inversa do quadrado das distancias, em huma molecula *m* posta fóra a huma distancia qualquer. Newton provou que neste cazo a attracção total que resulta de todas as attracções particulares, he a mesma, em razão á molecula attrahida, como se todas as moleculas attrahentes se achassem reunidas no centro *c* da casca espherica que ellas compõe (1). Porque se imaginamos que ellas se vão todas reunir neste ponto, as attracções das que estavão mais vezinhas da molecula attrahida que do centro, diminuirão, em consequencia do augmento da distancia, pelo contrario as attracções das que estavão

(1) Princip. Mathem. t. 1., prop. 71., theor. 31.

mais distantes da molecula attrahida do que do centro, augmentavão, em virtude de huma distancia menor (1). Ora mostra-se pela geometria, que se estabelece neste caso huma compensação entre as attracções que diminuem e as que augmentão, de modo que a somma das forças conserva seu valor primitivo.

Agora poden o huma esphera ser considerada como huma reunião de cascas esphericas sobrepostas humas ás outras, a cada huma das quaes se applica o mesmo raciocinio, resulta que a esphera inteira, sempre na hypotese de huma acção na razão inversa do quadrado das distancias, obra sobre huma molecula situada fóra, como se toda a materia desta esphera estivese reunida no centro. Chamou-se *centro da acção*, este ponto no qual faltaria suppor que todas as moleculas de hum corpo se achassem reunidas, para que sua acção total fosse a mesma que quando ellas estavão espalhadas por toda a extensão deste corpo. O theorema do qual viemos de dár huma idea he muito notavel em considerar as espheras como simples pontos pezados.

XLII. Qualquer que seja a figura do corpo que attrahe a molecula *m*, he visivel que o centro da acção estará sempre posto no interior deste corpo a huma distancia finita da superficie; substituindo-se á molecula *m* hum novo corpo de huma certa extensão, os dois corpos se attrahirão em razão directa das massas, e inversa do quadrado das distancias dos seus centros d'acção.

XLIII. Vê-se agora porque hum corpo elevado á maior altura a que o podemos elevar, não he sensivelmente menos attrahido do que se elle estivesse na superficie da terra: porque a elevação deste corpo a cima da superficie da terra não sendo comparavel ao raio da mesma terra, a distancia entre os dois centros d'acção se acha augmentada a penas de huma quantidade extremamente pequena em razão de si mesmo, e desta maneira a attracção não deve ter senão huma diminuição inapreciavel

---

(1) Se de hum ponto *m* tomado como centro, e com o intervallo *mc* tomado como raio, descrevemos hum arco de circulo *rcs*, que corte a circumferencia *pnx*, e suppondo-se que este arco pertence a huma segunda casca espherica, que tenha por centro o ponto *m* este determinará o limite entre os pontos *a*, *b*, *p*, *z*, &c. que se separarão da molecula *m*, e os pontos *e*, *g*, *h*, *o*, &c. que se approximarão.

pelo tranzito que tem feito o corpo alongando-se da terra.

XLIV. Concebe-se desta fórma porque dois corpos de hum volume pouco consideravel, mesmo suppondo-os livremente suspensos a huma pequena distancia reciproca, não tomão algum movimento sensivel hum contra o outro. Porque estes corpos não sendo senão pontos em comparação á terra, a attracção que ella exerce para elles se torna de tal fórma preponderante, que os afasta do effeito de sua acção mutua. Representandosse as duas attracções por dois lados de hum parallelogrammo, dos quaes hum coincide com a linha que junta os centros da acção dos dois corpos, e o outro com a que passa por hum dos seus centros e o centro da terra, a razão entre estes lados será tão grande, que a resultante representada pela diagonal do parallelogrammo não se apartará senão muito pouco do grande lado situado na direcção da attracção terreste.

Do Pezo especifico.

XLV. Supponhamos huma serie de corpos de differente natureza, que tenhão volumes iguaes. Pezando-se successivamente todos estes corpos na balança ordinaria, seria precizo, para se estabelecer o equilibrio, empregar pezos mais ou menos consideraveis, segundo estes corpos forem mais ou menos densos. Supponhamos mais, que tendo escolhido para termo de comparação hum destes corpos, o mais leve por exemplo, se represente seu pezo pela unidade, e que se exprima os pezos de todos os outros corpos por numeros relativos a esta unidade, ter-se-hão as razões entre os pezos dos differentes corpos comparados a huma medida commum, ou os *pezos especificos* destes corpos.

XLVI. No cazo mesmo em que os volumes destes corpos não fossem iguaes, bastaria que se podessem avaliar o mais exactamente para os comparar entre si; depois do que seria facil conduzir de novo os resultados dos differentes corpos pezados ao que elles terião sido no cazo de unidade de volume. Porém não sendo admissivel na practica alguma destas hypoteses, tem-se supprido isto por meio do principio de hydrostatica descoberto por Archimedes, por occazião de hum problema que Hieron, Rei de Saragoça, diz-se, lhe tinha proposto. Este Principe tendo mandado fazer huma coroa de oiro puro a hum ouri-

ves, suspeitou ter ligado este ao metal huma certa quantidade de prata, e desejou que Archimedes podesse verificar esta suspeita sem deteriorar a coroa, e no cazo em que a liga existisse, determinar a quantidade. Para dar huma noção clara do principio que conduzio este sabio celebre á solução do problema, concebamos hum corpo que, debaixo do mesmo volume, peze precizamente tanto como a agoa. Tendo-se este corpo suspenso por hum fio que consideramos aqui sem pezo, e que se prolonga n'agoa, não será precizo empregar alguma força para o suster, porque todo elle he sustido pelo liquido, que nelle exerce o mesmo esforço como se estivesse em equilibrio com hum volume d'agoa igual ao que este corpo disloca. Imaginemos agora que o corpo, conservando seu volume, se torna mais pezado; a agoa continuará a fazer equilibrio a toda a parte do pezo deste corpo, que iguala ao pezo primitivo, ou ao do volume d'agoa dislocada; de sorte que pezando-se o corpo assim prolongado, não se teria senão o excesso do pezo primitivo que obrava sobre a balança. Segue-se disto (e he em que consiste o principio de que fallamos) que pezando-se primeiramente no ar e depois n'agoa hum corpo respectivamente mais pezado que este liquido, elle perderá neste huma parte do seu pezo igual ao do volume d'agoa dislocada. Determina-se, por este meio, a razão entre o pezo do corpo e o d'agoa, em igual volume, e este liquido serve tambem de medida commum, para comparar entre si os pezos especificos dos differentes corpos.

XLVII. A balança destinada para este genero de indagações se chama *balança hydrostatica*. O corpo submetido á operação he suspenso por hum cabelo a hum pequeno gancho fixo pela parte debaixo de huma das bacias, o que facilita prolongar este corpo n'agoa para nella ser pezado.

XLVIII. Para que as experiencias se tornem comparaveis, he necessario que o liquido seja sempre o mesmo relativamente á sua natureza e densidade. Servimo-nos para este effeito da agoa destillada, ou, na sua falta, da agoa da chuva, que sensivelmente tem o mesmo grao de pureza, e empregando-se esta em huma temperatura conhecida. Brisson, a quem devemos huma taboa de pezos especificos dos corpos, mais extensa do que as que tinhão até então apparecido, adoptou a temperatura de 14° do thermometro em 80 partes, que corresponde a 17°, 5 do thermometro centigrado, como media em nosso clima.

He mais natural reprezentar por unidade o pezo es-

pecifico da agoa, que he o termo de comparação a que se reportão os pezos especificos dos outros corpos, do que de zigna-lo por 100 ou por 1000, como se tem feito ordinariamente. De resto o calculo he o mesmo, á excepção de termos commummente huma fracção decimal no resultado.

XLIX. Façamos sensivel, por meio de hum exemplo, a marcha que se deve seguir na determinação do pezo especifico de hum corpo. Supponhamos que huma massa de oiro peza 6 decagrammas no ar, e que seu pezo, na agoa, não exceda a 5688 centigrammas: diminuindo este segundo pezo de 6 decagrammas ou 6000 centigrammas que reprezentão o primeiro pezo, achar-sehá 312 centigrammas pela perda que o oiro fez n'agoa, e ao mesmo tempo pelo pezo de hum igual volume d'agoa. Ter-sehá logo esta proporção; 312 ou o volume d'agoa igual ao do oiro está para 6000, pezo absoluto do oiro, como a unidade, que reprezenta em geral o pezo especifico da agoa, está para o quarto termo, que dará o pezo especifico do oiro. Vê-se que a operação se reduz a dividir o pezo absoluto pela perda que fez n'agoa. O termo achado, tomado com quatro decimas será 19,2308.

L. He facil agora conceber-se como Archimedes lançou mão disto para resolver o propblema de que fallamos. Elle não teve nescessidade senão de conhecer o pezo absoluto da coroa, seu pezo especifico, o do oiro puro, tal como o acabamos de dár, e o da prata pura, que he pouco mais ou menos 10, 5. Achou logo que o pezo especifico da coroa era menor que o do oiro puro, tudo isto indicava sómente que havia huma liga de prata. Tendo combinado depois, por meio do calculo, os diversos dados que viemos de citar, chegou a determinar as quantidades relativas dos dois metaes que continha a coroa, salva a pequena differença que devia resultar de que nunca o volume da liga he igual a somma dos volumes que tinhão os metaes tomados separadamente.

LI. O oiro que tinha sido olhado longo tempo como o mais denso de todos os corpos naturaes, elle he excedido, nesta parte, por hum metal chamado *platina*, que foi descoberto em 1741, e cujo pezo especifico determinado pelo celebre Borda, he de 20,980. Os conhecimentos relativos a este genero de observações, já tão preciozas para o physico, não são de menos interesse para o naturalista, que lhe dá hum dos caracteres os mais decisivos para a distincção dos mineraes. Deste modo se evitará o confundir-se a variedade azul do cristal de rocha, chama-

do *saphira d'agoa*, com a especie de pedra conhecida com o nome de *saphira oriental*, o pezo especifico da primeira não sendo mais que quasi 2, 8, posto que o da segunda he quazi 4; e aqui he de tanto mais interesse o evitar o erro, quanto a differença do valor sobrepassa em muito a dos pezos especificos.

LII. A construcção do areometro de Fahrenheit, do qual se uza para pezar especificamente os liquidos he fundado sobre hum principio que não he senão hum corollario do precedente; a saber, que em hum corpo especificamente mais leve que a agoa, e que, por consequencia, sobrenada em parte, o pezo do volume d'agoa dislocada pela parte prolongada he igual ao pezo do corpo inteiro. Prolongando successivamente o areometro em liquidos de differentes densidades, faz-se variar seu pezo pelos pezos addicionaes de que se carrega, de modo que o volume da parte prolongada seja constante; e obtem-se tambem huma medida commum que serve para determinar os pezos especificos dos diversos liquidos, repportados ao d'agoa destillada. Daremos neste momento huma descripção circunstanciada de hum instrumento do mesmo genero que este areometro, depois da qual poder-se-há formar huma justa idea.

LIII. O uzo dos areometros ordinarios depende de outra applicação do mesmo principio, fundado em que hum corpo que sobrenada em parte, mergulha a huma maior profundidade nos licores menos densos do que naquelles que tem mais densidade. Consiste em hum tubo de vidro terminado em bola pela parte inferior, e dividido em todo o seu comprimento em partes iguaes. Para que se possa ter este instrumento em huma posição vertical quando he prolongado, ajunta-se por debaixo da bolla de que fallamos, outra que contenha mercurio. Porém este areometro não póde indicar senão que hum licor he mais ou menos denso que outro; e não dá, como o de Fahrenheit, a razão entre as duas densidades.

LIV. Nickolson imaginou empregar para a determinação dos pezos especificos dos solidos, hum instrumento que tem muita relação com este ultimo areometro, e que merece ser conhecido. Consiste em hum tubo M N (fig. 3.) de lata, sobremontado de hum pé B, feito de hum fio de latão, e que sustenta em sua extremidade huma pequena bacia A. Este pé he marcado no seu meio com hum golpe *b* feito com a lima. A parte inferior tem suspenso hum cone as avessas EG, concavo na sua base, e lastra-

do por dentro com chumbo. O pezo do instrumento deve ser tal, que prolongado n' agoa e abandonado a si mesmo, huma parte do tubo fique fóra d' agoa. A bacia em que termina o pé, e que tem a fórma de huma especie de caixa espherica, nelle se adapta por meio de hum tubo de lata, no qual o pé entra, de modo que fica mui justo. Ordinariamente tem huma segunda caixa mais larga, que se ajunta por cima da primeira, na extremidade da qual ella se une pela sua convexidade. Póde-se tambem não uzar desta segunda como se quizer, seja para tirar melhor os pezos de que está carregada, como diremos ao depois, seja para fazer alguma mudança nestes mesmos pezos.

O uzo deste instrumento he facil de conceber-se. Principia-se por carregar a bacia superior com os pezos necessarios para que a marca *b*, feita no pé, desça á flor d'agoa: isto he o que chamamos *igualar* o areometro e a quantidade de pezo de que fallamos se chama a *primeira carga* do areometro (1). Tendo tirado esta carga, mete-se na mesma bacia o corpo destinado para a experiencia, e que suppomos sempre mais denso que a agoa, depois põe-se a seu lado os pezos necessarios para igualar o areometro. Subtrahe-se esta segunda carga da primeira, e a differença dá o pezo do corpo no ar. Tira-se o areometro, para pôr o corpo na bacia inferior E; depois tornando a prolongar o instrumento, ajuntão-se-lhes novos pezos na bacia A para o fazer igualar. Estes novos pezos fórmão, com os que estavão já na bacia, a terceira carga. Subtrahe-se desta carga a segunda, e a differença dá a perda que o corpo fez do seu pezo na agoa, ou, o que vem a ser o mesmo, o pezo da agoa dislocada, depois do que divide-se por este pezo o do corpo pezado no ar.

LV. Querendo-se pezar huma substancia respectivamente mais leve que a agoa, seria precizo, quando se pozesse na bacia inferior, asujeita-la de huma modo fixo. Neste cazo; o corpo que serve de prizão julga-se fazer parte do areometro. De resto, a operação he a mesma que no cazo precedente; sómente, o pezo do corpo submetido á experiencia, dividido pelo pezo de volume da agoa dislocada, dá hum quociente menor que a unidade.

Supponhamos que o pezo do corpo sendo de quatro grammas, achou-se cinco grammas por differença entre a

---

(1) He escuzado advirtir que o uzo deste instrumento he limitado a corpos cujo pezo no ar não excede o da primeira carga.

segunda carga e a terceira; resulta que o corpo peza hum gramma de menos, que he precizo juntar-lhe para que seu pezo reprezente o do volume da agoa dislocada. Este ultimo pezo sendo logo de 5 grammas, terse-há $\frac{4}{5}$ ou 0, 8 pelo pezo especifico.

LVI. Ha substancias que sendo mergulhadas, se ensopão deste liquido: tal he o grés ordinario. Manifesta-se esta propriedade, quando tendo posto o corpo na bacia inferior E, observa-se o areometro subir e descer, ainda que a bacia A fique carregada com o mesmo pezo. Neste caso, deixar-se-há o corpo embeber de toda a agoa que seus poros admittirem, e julgar-se-há que chegou a esta especie de ponto de saturação, quando o areometro ficar em huma pozição fixa; então igualar-se-há, e procurarse-há, pelo ordinario, a perda que o corpo fez do seu pezo na agoa. Procurar-se-há depois o pezo da quantidade da agoa de que elle se embebeo, pezando-o no ar, o mais de pressa possivel, e subtrahindo o primeiro pezo do segundo, depois ajuntar-se-há a differença á perda achada antecedentemente, e o resultado dará a verdadeira perda, ou a que teria lugar se o corpo não fosse susceptivel de se embeber do liquido, depois de tudo isto practicar-se-há como se tem dito mais acima.

Supponhamos que o corpo peza 10 grammas antes de embeber o liquido, e que a quantidade de que elle se embebeo seja de 2 decigrammas; supponhamos mais, que a perda que elle teve do seu pezo na agoa, comprehendendo o effeito da que embebeo, seja de 4 gram., 3; como os corpos, em igual volume, perdem menos de seu pezo na agoa á porporção que elles são mais denses, resulta que o corpo submerido á experiencia perdeo 2 decigrammas de menos do que no caso em que a embebição não tivesse tido lugar, pois que esta equivale a hum augmento de densidade: logo he percizo ajuntar 2 decigrammas á perda achada, que he de 4 gram., 3; o que dará 4 gram., 5 pela perda corrigida. O pezo especifico do corpo, considerado como exempto da embebição, será pois de $\frac{100}{45}$ ou 2,2222, limitando-se a quatro decimaes.

LVII. A duplicada propriedade que o mesmo instrumento tem de fazer ao mesmo tempo a função de verdadeiro areometro, e de balança hydrostatita, o tornaria util

no caso mesmo em que não houvesse mais que hum liquido, cuja densidade differisse sensivelmente da agoa destillada, e cuja temperatura fosse de muitos gráos acima ou abaixo da que teria sido escolhida para termo de comparação. Seria facil reduzir este resultado do corpo pezado neste liquido, ao que teria dado a agoa destillada a 14 gráos de Reaumur. Esta operação exige unicamente hum conhecimento de mais, que vem a ser, o do pezo absoluto do instrumento.

Supponhamos que este pezo seja de 152 grammas, e que o pezo addicional que dá, ao ordinario, a primeira carga, quando se emprega a agoa destillada a 14°, seja de 20 grammas, ter-se-há 172 grammas pela somma destes dois pezos. Supponhamos agora que o pezo que fórma a primeira carga com o liquido substituido á agoa destillada, seja de 20 gram., 5, a somma se tornará de 172 gram., 5: ora a parte prolongada do instrumento sendo a mesma de huma e outra parte, resulta que o pezo dos dois liquidos, debaixo do mesmo volume, ou, o que he o mesmo, seus pezos especificos estão na razão de 1720 para 1725.

Isto posto, he logo evidente que o liquido substituido á agoa destillada dá immediatamente o pezo do corpo submetido á experiencia. Seja este pezo de 11 grammas; procurar-se-há quanto perde do seu pezo o corpo pezado no liquido que se emprega, e que supporemos ser de 4 gram., 7; porém os corpos pezados em hum liquido nelle perdem tanto mais do seu pezo, quanto este liquido for mais denso; o que vem a dizer que as perdas são proporcionadas ás densidades dos liquidos. Logo ter-se-há a perda corrigida, ou a que teria lugar com a agoa distillada, a 14°, multiplicando 4 gram., 7, pela razão $\frac{1720}{1725}$ entre os pezos especificos dos dois liquidos; o que dá 4 gram., 69 pela perda corrigida: dividindo por este numero o pezo absoluto, que he 11, achar-se-há 2, 3 4 5 4 pelo verdadeiro pezo especifico do corpo; não fazendo alguma correcção, acharse-hia 2, 3 4 0 4.

Ve-se, por estes detalhes, que o instrumento de que

se trata, ainda que póde ser menos susceptivel de exactidão que a balança hydrostatica ordinaria, tem a superioridade esta pela vantagem que tem de se prestar a uzos mais variados, de ser menos dispendiozo, e de hum facil transporte.

LVIII. Os movimentos por via dos quaes os peixes se elevão e descem alternativamente na agoa, são devidos á faculdade que estes animaes tem de fazerem variar á sua vontade o pezo especifico do seu corpo: isto he o que elles conseguem, por meio de huma bexiga commummente dobrada, a qual se dá o nome de *bexiga natatoria*, e que está posta ordinariamente em cima das visceras abdominaes. Hum pequeno canal pneumatico, que faz a communicação entre a abertura que fica por detras da boca e a bexiga, serve ao peixe para introduzir nesta especie de sacco hum fluido aeriforme, que varia, em sua natureza, segundo as differentes especies de peixes (1). A bexiga dilatada por este ar, determina ao mesmo animal, hum augmento de volume que o faz respectivamente mais leve que a agoa, de sorte que elle se eleva neste liquido sem o intermedio dos orgãos de movimento; e quando elle quer descer, não tem mais que expulsar bem o ar contido na bexiga para que resulte huma diminuição no volume que o faz mais pezado que o volume da agoa que elle disloca. Alguns peixes que não tem o canal pneumatico, paressem obrar directamente sobre o ar contido na sua bexiga, em o comprimir ou faze-lo dilatar.

As observações feitas por Geoffroy, e que este sabio naturalista felizmente quiz communicar-nos, provão que nas duas familias de peixes, chamadas *diodontes e tetrodontes*, he o estomago que, dilatando-se ou comprimindo-se, á proporção que o peixe lhe introduz ar ou expulsa huma porção do que occupava a capacidade, faz realmente as vezes de bexiga natatoria; de sorte que o fim desta bexiga, que sempre existe, he communicar-se, por meio de hum mecanismo particular, entre a cavidade da bo-

---

(1) Póde-se ler no Discurso sobre a natureza dos peixes, por Lacépede, os detalhes em que este celebre naturalista entrou sobre tudo o que diz respeito á bexiga natatoria destes animaes. *Hist. nat. des poissons, edit. in* 12, *t.* 1., *p.* 147 *e seg.*

ca e a do estomago, para se oppor á sahida do ar quando o peixe quer subir. Chegando á superficie da agoa, elle continúa a dilatar-se; e logo se estabelece huma tão grande disproporçao entre o pezo do dorso e o do ventre, que o primeiro tornando-se superior, o animal se põe de costas. Nesta pozição, fluctua á descripção da agoa, dilatando-se cada vez mais, de modo que seu corpo, que naturalmente he de huma fórma ablonga, passa á de hum globo cuja superficie, armada de espinhos, apprezenta de todos os lados huma arma defensiva e temida dos outros peixes de maneira, que sendo impellido este globo diante delles, são obrigados a descer do attaque.

Da nova unidade do Pezo.

LIX. Não deixaremos esta materia, sem fazer conhecer huma operação do pezo especifico igualmente notavel pela importancia do seu objecto e pela perfeição dos methodos empregados para a executar; a saber, aquella que tem conduzido a determinar a unidade do pezo relativo ao novo systema dos pezos e medidas. O typo commum a que se reportão todos os ramos deste systema he a unidade das medidas lineares, ou a decima millionesima parte da distancia entre o equador e o polo boreal, e deu-se-lhe o nome de *métro*. Comparando a grandeza do arco terrestre que se estende desde Barcelona até Dunkerque, tal como o dão as opperações feitas por Delambre e Méchain, com a do arco medido no Perú, no anno de 1740, concluio-se que a distancia achada, ou o quarto do merediano situado no polo boreal, era de 5130740 toezas; do que se segue que o metro correspon-

de a hum comprimento de $0^{toe.}$, 513074, ou 3 pés e 11

linhas $\frac{3}{10}$ com muita proximidade.

LX. A unidade do pezo, que se tem chamado *gramma*, he o pezo absoluto do cubo da centessima parte do metro, em agoa destillada, tomada no seu *maximúm* de densidade. Veremos ao depois que este *maximúm* não corresponde ao termo de congelação, mas a alguns graos acima. Estas precauções erão nescessarias para ligar, de algum modo, o resultado a hum ponto fixo a que se pú-

de sempre reduzir, repetindo-se a experiencia. O liquido se achava purificado, pela distillação, de todas as particulas heterogenas que alterão sua pureza; tomando-o no *maximum* de densidade, tinha se hum limite no meio de todas as variações de volume que resultão da mudança de temperatura. Em fim a determinação do pezo absoluto, que suppunha que o corpo era pezado no vacuo, desembaraçava ainda o resultado de huma quantidade heterogenea e variavel; a saber, a perda que o corpo faz de seu pezo no ar, e que se despreza nas experiencias ordinarias.

LXI. Lefebvre-Gineau foi encarregado de tudo o que dizia respeito a esta operação, ou antes a esta reunião de opperações todas extremamente delicadas. A exactidão a que elle se propunha chegar, excluia hum meio que, á primeira vista, parecia muito simples, e que consistia em tomar hum vazo cubico, cujo lado tives-se huma razão conhecida com a centesima do metro, peza-lo primeiramente só, depois peza-lo de novo, tendo-o cheio da agoa destillada. A differença entre os pezos daria o pezo do volume da agoa empregada; mas concebe-se, sem que seja precizo entrar em detalhes, que o resultado seria affectado de differentes erros, que teria sido impossivel evitar ou appreciar. Adoptou-se pois outro meio, susceptivel de grande exactidão: consiste em pezar especificamente na agoa hum cylindro oco, de cobre, cujo volume se tinha comparado antes com o de hum cubo, que tem por lado o centesimo do metro. A operação faz conhecer o pezo do volume da agoa destillada igual ao do volume do cylindro, e concluio-se o pezo do cubo da mesma agoa que representa a unidade que se procura. Esperamos que nos levarão a bem entrar aqui em alguns detalhes sobre a marcha que se tem seguido para chegar a este resultado.

LXII. A maquina destinada a medir o cylindro tinha sido construida com tanto cuidado como intelligencia, por Fortin, hum dos artistas mais distinctos desta cidade. Sem nos subtrahir-mos a descreve-la, bastará dizer que ella faz appreciavel huma differença igual a hum meio de millesima de huma linha: esta avaluação se faz por meio de huma alavanca, da qual hum dos braços he dez vezes mais curto que o outro; e tudo he disposto de modo, que as differenças reaes que se trata de determinar, occazionando no braço mais pequenos movimentos iguaes a estas differenças, os movimentos do braço maior, que são décuplos, e que por isso se tornão sensiveis por meio de

hum nonius applicado á extremidade deste braço, fazem conhecer as duas millesimas de linha medidas pelo jogo do braço mais curto.

Por mais cuidado que o mesmo artista tivesse na construcção do cylindro, a fórma deste solido se achava necessariamente affectada de muitas pequenas desigualdades que podião influir sensivelmente no resultado, se se desprezassem; porque hum erro cometido em huma só das duas dimensões do cylindro, a saber, na altura e diametro da base, he, por assim dizer, hum erro cubico; e não unicamente hum erro linear, como na determinação de huma simples distancia. Têm sido precizo seguir, de certo modo de hum a outro ponto a superficie de corpo em todos os seus desvios, e medir hum numero suficiente de alturas e de diametros, em differentes lugares das bazes e da convexidade, para reduzir a solidez do cylindro, que era o objecto da operação, a hum cylindro perfeitamente regular e de hum igual volume.

Terminada que seja esta operação, peza-se o cylindro no ar, empregando hum processo tão simples como ingenhozo, que faz desaparecer o inconveniente occazionado pela desigualdade quazi que inevitavel entre os braços das balanças mesmo as mais bem acabadas. Põe-se em huma das bacias o corpo que se quer pezar, e carregase na outra bacia com pezos quaesquer, até que o braço da balança esteja horizontal. Retira-se depois o corpo da primeira bacia, e substitue-se-lhe pezos conhecidos, até que o braço da balança tenha tomado a posição horizontal. He evidente que o pezo deste corpo he reprezentado exactamente pela somma dos pezos que se lhe substituirão, ainda que possa mui bem acontecer que esta somma diffira da dos pezos que estão no outro lado em consequencia da construcção vicioza da balança.

O pezo do cylindro feito no ar, por este processo, tem avantagem de dar exactamente o mesmo resultado que se elle tivesse sido pezado no vacuo. Logo os pezos substituidos ao cylindro sendo da mesma materia que este corpo, seu volume iguala ao da parte solida do cylindro; e debaixo desta razão, a perda no ar era tambem igual de huma e outra parte. Porém de mais, tenha-se feito em huma das bases do cylindro hum pequeno orificio que estabelecia huma communicação entre o ar interior e o da atmosfera. Resulta que no momento que se faz o pezo, o ar interior era da mesma densidade que o que tinha sido substituido pelo cylindro; o ar ambiente

lhe fazia então equilibrio, e desta fórma a perda de pezo era nulla em quanto a esta parte.

Pezou-se depois o cylindro na agoa, e como então o pezo que lhe fazia equilibrio era unicamente sustido pelo ar, foi precizo meter em conta a pequena perda que elle faiza neste fluido, como não sendo commum ao cylindro prolongado na agoa. Attendeu-se tambem ao pequeno augmento de pezo, que occazionava, pelo que diz respeito ao cylindro, o ar contido no seu interior. Em fim tem-se reduzido o resultado ao que teria sido na agoa tomada no seu *maximum* de densidade, e achou-se que a nova unidade do pezo, ou o gramma, correspondia a 18 gráos, 82715 do antigo pezo do marco.

LXIII. Terminaremos o que diz respeito a este objecto, por hum exposto succinto do systema das novas medidas: temos já dito (59) que a unidade das medidas lineares ou o metro era hum comprimento de 3 pés 11 linhas $\frac{3}{10}$. Suas subdivisões em partes, successivamente dez vezes mais pequenas, tem os nomes de *decimetro*, *centimetro*, *millimetro*, e seus multiplos decimaes, os de *decametro*, *hectometro*, e *kilometro*. Adoptou-se o mesmo modo de divisão para todas as outras especies de medidas, e indicão-se os gráos da escalla relativa a cada huma dellas, pelas mesmas expressões iniciaes juntas ao nome da unidade a que se reportão. He precizo exceptuar as divisões da unidade monetaria como logo veremos.

LXIV. Para bem se obter a facilidade de reduzir sobre o campo, por approximação, huma nova medida liniar á antiga, ou reciprocamente, póde-se observar que o millimetro he sensivelmente igual a $\frac{4}{9}$ de linha do pé francez, ou, o que he o mesmo, a linha he igual a $\frac{9}{4}$ do millimetro. Resulta que a polegada vale 27 millimetros.

LXV. A unidade das medidas superficiaes para o terreno he hum quadrado, cujo lado he de dez metros; elle se chama *aria*, e vale quazi 948 pés quadrados.

LXVI. Chama-se *stera*, huma medida igual a hum metro cubico, e destinado particularmente para a lenha; ella corresponde a hum pouco mais de 29 pés cubicos.

LXVII. A unidade das medidas de capacidade he o cubo do decimetro. Chama-se *litro*, e vale quazi 5 polegadas cubicas e $\frac{4}{10}$. Ella sobrepassa $\frac{1}{14}$ á canada de Paris, que contem 46 po.cub., 96.

LXVIII. O *gramma*, ou a unidade do pezo, corresponde, como temos dito, a perto de 19 gráos. O *kilogrammo*, ou o pezo de mil grammas, equivale a 2 libras, 5 oitavas, 35 grãos. A onça differe muito pouco de tres decagrammas, e o grão de 53 milligramas.

LXIX. A libra monetaria tem o nome de *franco* de prata. Sua decima parte se chama, decimo, e a centesima parte, centesimo.

Pertence tanto melhor á França ter sahido do seu seio este novo systema de medidas que todas dizem relação a huma parte determinada da circumferencia do globo, como á sua origem commum, porque nenhum paiz offerece huma pozição tão feliz, em razão ao arco do merediano que devia ser medido, e que atraveça a França, tendo a duplicada vantagem de ser cortado pela parallela media, e assentar suas extremidades nas bordas dos dois mares. Porém este systema, cuja baze he tomada na natureza e invariavel como ella, convem igualmente a todos os povos. Muitas potencias estrangeiras, alem do convite do Governo francez, tem mandado sabios de hum merecimento distincto, que, reunidos aos commissarios do Instituto nacional, discutirão com elles as observações e as experiencias, donde se deduzirão as unidades fundamentaes da extensão e do pezo, e concorrerão tambem, por seu zelo e luzes, a consummar esta vasta empreza. Nunca as sciencias offerecerão hum espectaculo mais digno dellas doque o desta sociedade tão interessante, que dando huma nova prova que os homens esclarecidos de todos os paizes não compõe senão huma mesma familia, dava de certo modo a confirmação a este systema, cuja adopção poderia fazer a segurança de huma união mais intima entre as mesmas nações.

II. Da Affinidade ou da Attracção molecular.

LXX. A attracção que sollicita os corpos do nosso systema planetario a tenderem para o sol, e huns para os outros, não differe daquella que regulla a queda dos corpos situados na proximidade da terra (39). Estes corpos

tem tambem huma tendencia a approximarem-se huns dos outros em virtude da mesma força; mas o effeito he destruido pela attracção muito mais energica que a terra exerce sobre elles (44). Suppondo-se huma serie de corpos cujos volumes fossem diminuindo, hum simples raciocinio nos conduz a concluir que sua tendencia mutua deve alongar-se cada vez mais do termo onde ella começaria a ser appreciavel com a attracção terrestre.

LXXI. Entre tanto as moleculas dos corpos solidos, postos nas extremidades desta serie, estão encadeadas huma á outras por huma acção poderoza, e sabe-se até que ponto muitos destes corpos resistem aos esforços que nós fazemos para os dividir. Esta consideração, junta a outras de que fallaremos adiante, faz nascer a idea de huma nova especie de attracção da qual dependia a cohesão de suas molecules, e que era distincta da gravidade, porque não obrava senão ao contacto ou muito proximo do contacto, e se desvanecia a huma distancia pouco sensivel do mesmo. Deo se á attracção de que se trata o nome de *affinidade* e de *attracção molecular*.

LXXII. Rigorozamente a acção da affinidade indefinidamente se dá á roda de cada molecula. Mas como ella diminue com muita rapidez de modo, que passada huma pequena distancia deixa de ser appreciavel; julga-se como nulla neste termo, e chama-se *esphera da actividade sensivel*, aquella cujo centro se confunde com o da mesma molecula, e cujo raio he igual á distancia da qual viemos de fallar.

LXXIII. Huma observação muito simples póde já fazer-nos perceber o modo como esta força obra. Consiste em que hum pequeno fragmento separado de huma massa de metal ou de pedra, não resiste menos ao esforço da lima, para se destacarem particulas, que quando este fragmento está adherente ao corpo; do que se vê que o resto da massa nada influe na força com que as particulas do fragmento estavão adherentes entre si.

LXXIV. Diversas experiencias interessantes espalhão huma nova luz sobre esta consequencia. Tomando-se duas placas de marmore ou dois gelos bem polidos, e que se fazem escorregar hum sobre outro, para que se toquem o mais exactamente que for possivel, observa-se que elles se attrahem fortemente. Cada huma das duas superficies tendo, neste cazo, hum grande numero de pontos que se tocão com os pontos correspondentes de outra superficie, ou não estão separados mais que por huma distancia ex-

tremamente pequena, resulta huma somma de attracção comparavel, de alguma sorte, á que liga entre si duas partes de hum mesmo corpo distinctas por hum plano imaginario. A pressão do ar ambiente, a que se poderia então attribuir a adherencia dos dois corpos, não faz mais que ajuntar-se ao effeito da attracção. Porque pondo-se estes corpos no vacuo, continuaráõ a estarem ligados entre si com huma força que seria sómente diminuida de huma quantidade igual á acção do ar. Tem-se notado que os mesmos corpos, estando por algum tempo em contacto, oppunhão maior resistencia á sua separação do que no primeiro momento. Parece que a acção prolongada da força attractiva sollicita as moleculas a pequenas oscillações, em virtude das quaes as particulas salientes de cada superficie se ajustão nos interstricios da outra, do que resulta huma approximação mais intima entre as duas superficies.

LXXV. Estendendo-se huma camada extremamente fina de alguma materia gorda sobre as duas superficies, antes de as applicar huma contra a outra, ellas ficaráõ adherentes mais fortemente entre si. Neste cazo, as moleculas gordas servem ás superficies como de prizão commum, em virtude das attracções que exercem em cada huma dellas, e esta prizão he tanto mais poderoza quanto as moleculas de que se trata, não sómente mais se moldão, de certo modo, nos lugares em que as superficies ficão em nivel, mas tambem se introduzem nas cavidades imperceptiveis que interrompem este nivel, multiplicando deste modo o numero dos pontos de contacto.

Para julgarmos da grande resistencia que os corpos, dos quaes viemos de fallar, oppõe á sua separação, he precizo dirigir a força que tende a produzir aquella em sentido perpendicular ás superficies de contacto. Porém fazendo-se escorregar com brandura os dois corpos hum sobre o outro, chega-se facilmente a separa-los. No primeiro cazo, a resistencia he igual á somma das attracções reciprocas de todas as moleculas em contacto, de sorte que, para operarmos a separação, he precizo vencermos todas as attracções por hum unico esforço. No segundo cazo, pelo contrario, a separação se faz, por assim dizer, aos poucos, por acções succesivas, não fazendo cada huma destas acções senão roubar huma pequena parte de moleculas á força attractiva.

LXXVI. A figura espherica que tomão as gotas de agoa e de mercurio, e que tem lugar mesmo no vacuo, offe-

rece huma nova prova dos effeitos da attracção molecular. Esta figura he tanto mais exacta, quanto a gota he mais pequena, e o plano que a sostem obra menos nella por sua attracção particular. Desta fórma o orvalho forma sobre as folhas de certas plantas globulos que não as tocão em mais que hum ponto. Mas as gotas que se achão sobre o vidro e sobre differentes pedras são unicamente hemisfericas; e como a attracção reciproca das moleculas aquozas he consideravelmente enfraquecida pela acção contraria de outra causa que faremos conhecer ao depois, se a gota que está no caso de que viemos de fallar tem hum certo volume, seu pezo lhes faz tomar a fórma de huma meia espheroide, da qual o eixo menor está na posição vertical. Se pelo contrario a gota está suspensa na parte inferior do corpo, ella se alonga de modo que he o eixo maior da espheroide que toma a pozição vertical.

LXXVII. Fazendo-se avançar com brandura duas gotas de agoa ou de mercurio huma contra a outra, até a huma pequena distancia, ver-se-hão avannçar para se unirem em huma só. Nós teremos occazião, ao depois, de citar muitos outros phenomenos que dependem da affinidade.

Porém os effeitos desta força em nenhuma parte se mostrão de hum modo mais evidente, e ao mesmo tempo mais admiravel, como nas operações tão variadas, aonde a chimica põe os elementos dos corpos, por assim dizer, á pilhagem huns com os outros, fazendo renascer o que ella tinha destruido, ou o transforma em hum ente todo novo, e, por decompozições e combinações successivas, se obtem resultados que são outras tantas imitações fieis dos da natureza, e de outras de que não lhe tinha dado o modélo.

Do Equilibrio entre as affinidades dos principios que fórmão as combinações neutras.

Ainda que não entre em nosso plano o desenvolvimento dos phenomenos que dependem das acções que exercem humas sobre as outras as moleculas dos corpos, o ponto de vista debaixo do qual nós os vamos aqui encarar, não he estranho á Physica, pois que elle nos faz apperceber a generalidade das leis a que estes phenomenos são submetidos.

LXXVIII. Na combinação mutua de hum acido com

hum alkale, suppondo-se que a quantidade de alkale, então mui pequena, augmenta progressivamente em razão á quantidade de acido, haverá hum termo em que as propriedades dos dois principios desaparecerão, de sorte, por exemplo, que se o sal que resulta da combinação he soluvel, huma tinctura azul vegetal, posta em contacto com a solução, não padece alguma alteração. Diz-se então que a combinação está no *estado neutro.*

Emprega-se tambem a palavra *saturação* para indicar o termo em que as affinidades dos dois principios estando satisfeitas, qualquer dos dois não he mais susceptivel de se unir a huma nova quantidade do outro. Ora este termo não corresponde áquelle que constitue o estado neutro. Vamos tratar de exclarecer esta distincção, segundo as ideas do celebre Laplace.

Quando hum acido está unido a hum alkale, pódem-se conceber as moleculas do acido como obrando por centros da acção (41) nas moleculas do alkale reunidas á roda dellas, formando tantas pequenas espheras, cujos centros serião occupados por este mesmo acido; e a combinação dos dois principios será a que dá o ponto de saturação, se o alkale está na proporção preciza, para que o raio de cada pequena esphera seja igual ao da esphera da affinidade sensivel do acido em razão ao alkale (72). Póde-se substituir a esta hypotese aquella em que as pequenas espheras, fossem compostas de moleculas de acido e tivessem seus centros occupados pelo alkale. Para que haja saturação neste cazo, será precizo tambem que o raio de cada pequena esphera seja igual ao da esphera d'affinidade sensivel do alkale para o acido, e he vizivel que então as quantidades relativas do acido e do alkale serão as mesmas que no cazo precedente, cada huma das duas hypotheses não sendo outra couza mais que huma maneira equivalente de conceber as acções reciprocas dos dois principios que fórmão a combinação.

LXXIX. Imaginemos agora que os centros das pequenas espheras sendo occupadas pelo alkale, e que não padece alteração alguma huma tinctura vegetal posta em contacto com o sal. As moleculas coradas são susceptiveis de obrar por affinidade, seja no acido, seja no alkale, e, porque no cazo prezente esta affinidade não produz effeito algum, se nos limitamos a considera-la em razão ao acido, concluiremos que ella está equilibrada com a que o alkale exerce nas partes deste acido que compõe a camada exterior da pequena esphera, ou aquella com a qual

as moleculas azues estão em contacto. O sal então está no estado neutro, relativamente á tinctura vegetal; porém não se segue que nelle haja suturação; se a houve-se, a acção do alkale sobre o acido se limitaria á superficie da pequena esphera, e a affinidade da cor azul estando livre para obrar, as moleculas coradas passarião ao vermelho, combinando-se com huma parte do acido.

Deste modo, quando hum sal offerece caracteres de estado neutro, por meio de huma experiencia semelhante á que acabamos de citar, deve-se conceber que o raio da esphera de affinidade sensivel do alkale para o acido se estende mais longe que o das pequenas espheras das quaes se suppõe que o acido fornece a materia; de sorte que estas espheras são susceptiveis de crescerem pela addição de huma nova camada d'acido, até os dois raios se tornem iguaes. Segue-se disto que o estado de saturação deve ser considerado como hum termo absoluto, ao mesmo passo que o estado neutro não he senão hum estado relativo, que depende das affinidades reciprocas entre o acido ou o alkale e a substancia colorante que se põe em contacto com o sal.

O sulphato de potassa pode aqui servir de exemplo. Huma solução deste sal faz passar para vermelho as tinturas azues vegetaes, porque a quantidade d'acido, relativamente á do alkale, passa além do termo que constitue o estado neutro, e se approxima do limite que corresponde á saturação. Deo-se aos saes que se achão neste estado, o nome de *saes com excesso d'acido*, ou de *saes acidulos*.

O que dicemos de hum alkale deve entender-se geralmente de todas as bazes susceptiveis de se combinarem com os acidos. Ha tambem saes nos quaes succede o contrario, a quantidade d'alkale, que relativamente á quantidade d'acido, sobrepassa o ponto de que depende o estado neutro, de sorte que sua acção muda para verde as tincturas azues vegetaes. Estes saes são chamados pelos chimicos, *saes com excesso d'alkale*, ou *saes alkalinos*. Deste numero são o barato de soda, vulgarmente *borax*, e o carbonato de soda.

LXXX. Esta maneira de reprezentar os resultados das combinações produzidas pelos acidos e os alkales, conduz a explicar o que acontece a dois saes neutros que, misturados hum com o outro, trocão suas bazes, de sorte que os novos productos que nascem desta operação estejão ainda no estado neutro. A concordancia, pelo que diz

respeito a isto, entre a theoria e a experiencia, serve a descobrir huma propriedade mui notavel da affinidade, a saber, que a lei á qual sua acção he submetida, em razão á distancia, he a mesma para todos os corpos, de sorte que as differenças entre as acções destes corpos não dependem senão da intensidade maior ou menor da affinidade particular de cada hum delles.

Para esclarecer isto por hum exemplo muito simples, imaginemos huma particula d'acido sulphurico posto no centro de huma pequena esphera composta de hum alkale qualquer, de modo que haja saturação, e designemos por *a* a quantidade deste alkale. Substituamos agorá o acido muriatico ao acido sulphurico, e supponhamos que a acção do primeiro seja huma vez menos intensa que a do segundo. Para que o acido muriatico sature a mesma quantidade *a* d'alkale, será precizo, na hypothese de que a lei relativa á distancia fosse a mesma de huma e outra parte, que a particula deste acido, posta no centro da pequena esphera, tenha huma massa dupla da particula do acido sulphurico que ella substituio. Supponhamos, de outra parte, que esta particula seja capaz de saturar huma quantidade de cal igual a *2a*. Concluiremos que será preciza a mesma quantidade *2a* de cal, para saturar a particula d'acido muriatico. Porque, sendo o acido sulphurico capaz de obrar até á saturação nas duas espheras huma de *a* d'alkale e a outra de *2a* de cal, e que o acido muriatico esteja na proporção preciza para saturar a esphera composta de *a* d'alkale, será igualmente precizo que sua acção sobre a esphera composta de *2a* de cal, chegue tambem ao termo de saturação, em consequencia de que a função da distancia sendo a mesma de huma e outra parte, os limites da acção sejão igualmente os mesmos.

Pode-se suppor que a quantidade *a* d'alkale e a quantidade *2a* de cal, inferiores á que exige a saturação, sejão sómente sufficientes para reduzir, por exemplo, o acido sulphurico ao estado neutro; neste cazo, a união das mesmas quantidades com o acido muriatico determinará tambem o estado neutro em hum igual grão, isto he, que os raios das pequenas espheras, cujos centros se suppõe occupados pelos dois acidos, diffirirão na mesma quantidade com os raios das espheras d'actividade sensivel dos mesmos acidos sobre o alkale e sobre a cal.

Segundo esta theoria, misturando-se dois saes neutros, que tenhão as condições precizas para fazerem tro-

ca das suas bazes (c). como tem lugar no muriato de barites e sulphato de soda, os novos saes que resultarem desta mistura, e que serão, no cazo prezente, o sulphato de barites e o muriato de soda, se acharão de sua parte no estado neutro. Porque se os dois primeiros saes estão em huma tal relação, que a quantidade de barites, por exemplo, contida no muriato de barites, seja a que he preciza para neutralizar a quantidade d'acido sulphurico que contém o outro sal, a quantidade de soda contida neste será tambem a que he capaz de neutralizar a quantidade d'acido muriatico que contém o muriato de barites. Se pelo contrario hum dos dois saes, tal como o sulphato de soda, he em grande proporção, não se decompora senão a quantidade necessaria, para que os productos da operação toquem o grão que corresponde ao estado neutro. O resto ficará como estranho á combinação, conservando seu estado primitivo, sem que alguma porção d'acido ou de baze se torne livre.

LXXXI. Tinha-se já observado esta correlação entre as affinidades, na mistura de differentes saes neutros. Porém as quantidades respectivas da baze e do acido que muitos Chimicos tinhão calculado para os mesmos saes; não concordavão com as que exigia a permanencia do estado neutro, como o provou, em huma discusão luminoza, o celebre Guyton, que concluio que estas quantidades não erão exactas (1).

As indagações feitas depois por Berthollet, servirão para verificar cada vez mais a existencia das leis que temos exposto, e que não são outra couza mais que inducções da bella theoria que este sabio chimico deu sobre as

(c) Pertence com muita particularidade á Chimica o dar a cauza que produz a troca das bazes na mistura de dois saes neutros, tendo as condições precizas para este fim; contudo direi que se tem attribuido á cohesão a cauza das separações, como se póde ver na Statica Chimica t. 1, p. 94 e seguinte.

(1) Menoires del' Institut, national, Sciences mathem. et phys., t. 2, p. 326 et suiv. Veja-se tambem, na Statica Chimica, t. 1, p. 134, os resultados de hum trabalho emprehendido por Richer, anterior ao de Guyton, com a idea de determinar a verdadeira relação entre as quantidades da baze e do acido que contém os saes os mais conhecidos.

affinidades (1). Eisaqui huma parte dos resultados que felizmente nos quiz communicar. Misturando-se huma solução de nitrato ou de acetato de barites que seja perfeitamente neutro, com huma solução de sulphato de potassa ou d'amoniaco, que seja neutro em hum igual grão, a troca de bases que se faz entre os dois saes empregados, determina hum precipitado de sulphato de barites, e o sal que resta em solução está tambem em hum estado perfeitamente neutro. O mesmo effeito tem lugar quando se mistura o muriato ou nitrato de cal com o sulphato de potassa ou de soda, em cujo cazo elle se precepita do sulphato de cal; ou quando se mistura o sulphato de magnesia com o muriato ou nitrato de barites ou de stronciana; he então que o sulphato de barites ou de stronciana que se precepita. A mesma propriedade se estende aos saes metallicos que podem ser reduzidos ao estado neutro; assim a mistura do nitrato de prata com o muriato de potassa ou de soda determina hum precepitado de muriato de prata, e tudo fica como d'antes no estado neutro.

Comparação da Affinidade com a Gravidade.

LXXXII. Era natural considerar esta attracção, que não se manifesta senão na proximidade do contacto, como sendo inteiramente independente da gravidade, cuja acção salta os intervallos immensos que separão os corpos celestes. Por isso hum grande numero de physicos, á testa dos quaes se acha o mesmo Newton, peussarão que a affinidade devia ser submetida a huma lei mais rapida, que a da razão inversa do quadrado das distancias, e que póde ser que ella siga a razão inversa do cubo.

LXXXIII. Para melhor conceber a differença que, segundo esta opinião, existiria entre os effeitos das duas attracções, tornemos a considerar hum corpo espherico *pnx* (fig. 2.) do qual todas as particulas obrassem por attracções na razão inversa do quadrado das distancias, sobre huma molecula *m* situada a huma distancia qualquer. Temos visto (41) que a attracção total que resulta aqui de todas as attracções particulares he a mesma pelo que diz respeito a molecula *m*, como se toda a materia da esphera se achase reunida no centro.

---

(1) Tlatique Chymique, t. 1. Memoires del' Institut, Sciences mathem. et physiques t. 3, p. 1 e seguintes.

Ora na hypotese actual, nunca acontecerá que a attracção no contacto seja infinita, relativamente a que tinha lugar antes do contacto; porque o raio da esphera, que mede a distancia ao centro da acção no primeiro cazo, será sempre em razão finita com a distancia que tem lugar fóra do contacto, e desta fórma as attracções serão comparaveis entre si (1).

LXXXIV. Supponhamos agora outra esphera *pnx* (fig. 4), composta de particulas que obrassem na razão inversa do cubo das distancias, sobre huma molecula *m*, situada fora a huma distancia sensivel, e concebamos de novo que todas as particulas attrahentes vão reunir-se no centro *c*. Neste cazo, as attracções das particulas que se alongarem da molecula *m*, diminuirão em geral, em huma maior razão que aquella segundo a qual augmentarião as attracções das particulas que se approximassem da mesma molecula *m*. Logo a perda não sendo compensada, a attracção total das particulas reunidas em *c* se tornará mais fraca que quando ellas obrassem de todos os pontos da esphera. Logo para restabelecer a igualdade de attracção, faltará suppor que o centro de acção esteja situada em alguma parte em *c'*, entre o centro *c* e a superficie da esphera.

Coloquemos a molecula attrahida mais perto desta mesma supetficie, como em *m'*. Então, durante o movimento das particulas da esphera para o centro, as attracções decrescentes perderão ainda mais, em comparação do que ganharião as attracções crescentes, do que no cazo em que a molecula attrahida estivese em *m*; donde se vê que o centro de acção se achará em alguma parte em *c''*, sempre mais perto da superficie. Assim, a medida que a distancia deminue entre a molecula attrahida e a superficie da esphera, o centro de acção, de sua parte, em lugar de ser fixo, como na hypothese precedente, se avança continuamente para esta superficie, e a attracção cresce por huma progressão cujo limite, que tem lugar no contacto, he o infinito; d'onde se segue, que ella he então infinitamente maior do que a huma distancia appreciavel do contacto: por huma mais forte razão a mesma couza terá lugar, se se suppõe que a attracção diminue em huma razão maior do que a razão inversa do cubo. Estes resultados, que erão conformes á observação do que

(1) Newtonis Princip. mathem., propos. 81, theorema 41, exempl. 2

se passa nos phenomenos offerecidos pelas moleculas elementares dos corpos, parecem indicar huma linha de separação entre a força que sollicita estas moleculas e a que rege as grandes massas de nosso systema planetario.

LXXXV. Haveria aqui entretanto hum modo de conciliar as acções destas duas forças, adoptando huma idea mui feliz de Laplace, que consiste em suppor que as distancias entre as moleculas de hum corpo sejão incomparavelmente maiores que os diametros destas moleculas; de modo que a densidade de cada molecula sobrepasse muito a densidade media do todo, ou a que teria lugar se toda a materia das moleculas estivese distribuida uniformemente no interior do corpo. Segundo esta hypothese, o contacto daria huma grande superioridade á molecula attrahente situada neste mesmo ponto, sobre a attracção a huma distancia finita do contacto, conforme a observação; e a scena das affinidades entraria deste modo debaixo da dependencia da attracção planetaria. Muitos phenomenos, entre outros, a extrema facilidade com que os raios da luz atravessão os corpos em todas as direcções imaginaveis, parecem ser favoraveis a esta hypothese. As diversidades que apprésentão os resultados da affinidade dependerião então da fórma das moleculas elementares. Mas nós estamos ainda longe de ter adquirido os conhecimentos precizos, para estar no estado de applicar o calculo ás acções intimas que os corpos movidos pela affinidade exercem huns sobre os outros, e de manejar este ramo delicado da Physica com o instrumento do qual Newton e seus succesores se tem servido para elevar a theoria dos phenomenos celestes a hum tão alto gráo de perfeição.

De algumas Propriedades dos Corpos Solidos que tem relação com a Affinidade.

LXXXVI. A dureza he a resistencia que hum corpo oppõe á separação de suas moleculas: esta propriedade depende da força de cohesão junta ao arranjamento das moleculas, á sua figura e a outras circunstancias. Hum corpo julga-se que he mais duro, á proporção que elle resiste mais á fricção de outro corpo duro, como, por exemplo, a huma lima de aço, ou que elle he mais susceptivel de atacar outro corpo sobre o qual se faz passar com fricção. Os lapidarios julgão da dureza das pedras finas e outros corpos que fazem objecto da sua ar-

te pela difficuldade que elles oppoem a gastarem-se, apprezentando-os á acção da mó.

LXXXVII. O diamante he o mais duro de todos os corpos conhecidos. As facetas que fazem sahir a vivacidade de seus reflexos, são obras do mesmo diamante; porque por via do seu proprio pó he que se consegue gasta-los e talha-los.

LXXXVIII. Nós temos indicado a fricção antes que a percussão, como sendo de certo modo, a medida da dureza dos corpos, porque a resistencia que estes corpos oppõe á primeira destas forças, não anuncia sempre a que elles são capazes de oppôr á segunda. Assim o vidro, a pezar de ser mais duro do que o pão, cede mais facilmente que elle á percussão. O diamante mesmo se divide com os golpes do martelo, posto que os outros corpos restão inteiros a pezar do mesmo esforço. Esta faculdade que tem certos corpos de se abandonarem mais ou menos ao effeito da percussão, quebrando-se, distinguio-se com o nome de *fragilidade*, d'onde se segue, que he precizo não confundir os corpos *frageis* com os *teuros* que são em opposição com os corpos duros. Não ha corpos cuja fragilidade contraste mais com sua dureza do que huma pedra esverdeada transparente, e mui sensivelmente lamelloza, que se acha no Perú, a que se deo o nome de *euclase*; porque ella cede, com muita difficuldade, aos esforços que se faz para se talhar, ficando-se admirado vêla separar-se em lascas, por effeito de huma mui ligeira pressão.

Da Elasticidade e da Ductilidade.

LXXXIX. A acção de hum corpo sobre outro póde ser tal, que não resulte huma inteira separação das partes deste, mas sim hum simples dislocamento de suas moleculas, cujo effeito he simplesmente fazer variar sua figura ou mesmo seu volume. Chamão-se em geral *compressiveis*, os corpos susceptiveis de mudarem de figura pela acção de huma cauza exterior, e os resultados deste genero d'acções dão principio a huma nova ordem de phenomenos, que se subdividem em duas classes: n'uma, o corpo que padece mudança tem a propriedade de por si mesmo tornar á sua figura natural, desde o momento que a cauza que tinha desarranjado suas partes cessa de obrar sobre elle. Assim huma lamina d'aço que se tem curvado, se indireita logo que se abandona a si mesmo.

Esta propriedade tem-se chamado *elasticidade*; e chamão-se *elasticos* os corpos que gozão desta propriedade. Na outra classe, o corpo concerva a figura que se lhe faz tomar. Desta fórma a inflexão que sofre huma lamina de chumbo fica sempre, quando nada mais obra nesta lamina. Passemos a dar alguns detalhes sobre estas duas classes de phenomenos.

XC. A restituição dos corpos elasticos á sua fórma natural não se faz arrebaladamente, e por hum unico movimento em sentido contrario daquelle que produzio a mudança da fórma; mas as moleculas destes corpos fazem vibrações que os transportão successivamente ora alem ora a quem de suas primeiras posições e que vão sempre diminuindo, até que as moleculas tenhão recuperado suas posições.

As vibrações de que se trata se mostrão sobre tudo de huma maneira mui notavel nas cordas de muitos instrumentos de muzica, como explicaremos fallando-se do som. Ellas são tambem mui apparentes em huma lamina d'aço fixa por huma extremidade e curvando apoiando-a na extremidade opposta; para a deixar depois jogar livremente.

XCI. O choque de hum corpo duro produz effeitos analogos em hum globo de marfim ainda que elles se operem com huma rapidez que os faz inapreciaveis por nossos sentidos, e que a mudança mesmo de figura que padece o globo não possa ser aprecebida; mas concegue-se o fazer-se sensivel deixando cahir o globo sobre huma superficie de marmore negro bem lizo, e untada com huma ligeira camada de oleo. Logo depois olha-se esta superficie obliquamente vêse, no lugar do contacto, huma mancha redonda cujo diametro he mais ou menos consideravel, segundo a altura d'onde o globo cahe. Ora he evidente que este corpo, concervando sua figura, não poderia tocar a lage senão por hum ponto; e ainda que o marmore, de sua parte, possa experimentar huma depressão, e restabelecer-se logo, não padece duvida que o globo por si mesmo não contribua pela maior parte á formação da mancha por sua mudança de figura; de modo que esta experiencia offerece huma duplicada prova do effeito que consideramos.

XCII. Eisaqui agora de que modo se deve conceber o restabelemento de figura que se faz no globo por huma gradação imperceptivel e quazi instantanea: no momento do choque, as particulas mais vezinhas do contacto são mais recalcadas para o centro, ao mesmo passo que as particulas

as mais distantes se avanção por hum movimento contrario; d'onde se segue que o globo toma huma fórma achatada no sentido do seu eixo vertical, e alongado no sentido do seu eixo horizontal. Quando a acção de se desbandar começa, faz-se huma nova mudança de figura opposta á primeira, de sorte que o globo se alonga no sentido do seu eixo vertical, e as duas mudanças de figura continuão a succeder-se, passando por grãos decrescentes, até que o corpo se ache restituido á fórma glaboza que elle tinha antes do choque.

He em consequencia da acção de se desbandar que segue o choque, que o globo depois de ter tocado a lage de marmore, salta elevando-se ao ponto d'onde se deixou cahir. Quando dois corpos elasticos se chocão, a acção de se desbandar lhe imprime velocidades em sentido contrario do movimento que os tinha conduzido hum contra o outro. Os geometras tem reprezentado por formulas as razões destas velocidades nos differentes cazos a que se estende o phenomeno.

XCIII. Existe hum certo numero de corpos que são ao mesmo tempo mui duros e mui elasticos, de modo que as duas qualidades parecem ter muitas relações entre si. Sabe-se a que ponto huma e outra crescem no aço, pela operação da tempera.

XCIV. A maior parte dos physicos que tentarão dar huma theoria da elasticidade, tem sobre tudo considerado que quando se dobra hum corpo elastico, por exemplo, hum arco, as particulas situadas da parte convexa se alongão humas das outras ao mesmo tempo que as que estão da parte concava se approximão. Porém de todas as cauzas de que se tem feito depender o restabelecimento do corpo ao seu primeiro estado, taes como a attracção, a resistencia de huma materia subtil particular, desseminada entre as molecullas do corpo, a acção do calorico, não ha alguma que nos conduza a huma explicação satisfatoria do phenomeno.

XCV. He á elasticidade que devemos huma grande parte dos serviços que nos faz o ferro convertido em aço e trabalhado pelas artes. He delle que tirão sua força as molas em espiral que animão os relogios e outras maquinas destinadas a dar-nos a medida do tempo. Porém o enfraquecimento da mola, quando se desbanda, se tornará huma causa do atrazo, relativamente a hum movimento cuja essencia consiste em sua uniformidade. Para obviar este inconveniente, da-se á massaroca na qual está

enrolada a cadea tirada pela mola, a fórma de hum cone truncado, no qual a relação entre os diametros dos circulos parallelos ás bazes he combinada com as variações da fórça motriz. No primeiro momento em que a fórça goza de toda a sua intensidade, a porção da cadea que ella tira descança sobre a espira a mais estreita da massaroca, e á medida que a mola se enfraquece, as espiras a que correspondem as partes da cadea que se desenrola vão-se alargando. Assim de huma parte, o braço da alavanca no qual obra a resistencia de todas as rodas, fica a mesma, pois que elle não he mais que o raio da roda das massarocas cujo movimento se communica de proximo em proximo até aos ponteiros do relogio. D'outra parte o braço da alavanca em que se exerce a potencia do motor, no lugar em que abandona a cadea desenrolando-se, se alonga continuamente; de sorte que o poder motriz se recupera a cada instante, por este alongamento, o que elle perde em intensidade, e tudo anda como se os dois braços da alavanca fossem perfeitamente iguaes. Toda a mecanica está cheia de applicações igualmente interessantes e engenhosas das forças da mola: a ella he que obdecem as peças que determinão, em hum fechar de olhos, a explosão das armas de fogo portateis, as laminas flexiveis que fazem suave o movimento das carruagens, e as faz de hum uzo tão commodo, assim como tambem as cordas de differentes instrumentos, cujas vibrações, combinadas com as do ar, diversificão os prazeres do ouvido.

XCVI. Não ha corpos cuja elasticidade seja perfeita, e póde ser que não haja algum que seja inteiramente destituido desta qualidade. Mas aqui, pelo que diz respeito a hum grande numero de phenomenos, nós fixamos o lemite onde huma qualidade acaba de ser appreciavel, e olharemos como não elasticos os corpos que, depois de terem sido comprimidos e forçados a mudar de figura, ficão no mesmo estado, e os que resistem absolutamente á compressão.

XCVII. Deu-se o nome de *ductilidode* á facilidade que tem os primeiros corpos, e particularmente certos metaes, de se achatarem pela pressão ou pela percussão, de modo que conservem a figura que tomarão em virtude de huma destas forças. As moleculas, neste cazo, escorregão humas sobre as outras, de modo que os pontos de contacto, ainda que dislocados, ficão sempre a distancias assas pequenas para que a adherencia continue.

XCVIII. Comparando a elasticidade, a ductilidade, e

a dureza nos seis metaes os mais conhecidos, acha-se que que a ordem das elasticidades segue a das durezas; e tal he a successão destes metaes, começando por aquelle que possue as duas qualidades no maior grão, *ferro*, *cobre*, *prata*, *oiro*, *estanho*, e *chumbo*. As ductilidades, relativamente aos quatro primeiros metaes, seguem huma marcha inversa das outras propriedade, de sorte que esta ordem he: *oiro*, *prata*, *cobre*, e *ferro*. Mas o estanho tem o quinto lugar, e o chumbo o sexto, relativamente ás tres propriedades; de sorte que estes dois metaes são os mais moles, os menos elasticos e os menos ducteis de todos. O defeito do jogo nescessario entre as moleculas, para produzir a ductilidade, pode nascer igualmente não só de grande força de adherencia que tem lugar nos corpos duros, como tambem da facilidade com que esta adherencia póde ser totalmente rompida nos corpos moles.

XCIX. Ha corpos que são ducteis a quente e a frio: deste numero são tambem os metaes; alguns, taes como o vidro, adquirem a ductilidade pelo calor; outros em fim, taes como a argila, se tornão ducteis pela interposição de hum liquido entre as suas moleculas.

C. A ductilidade, que he huma qualidade precioza nos metaes, quando se trata de os estender e de os applicar á superficie dos corpos, o que tem lugar sobre tudo pelo que diz respeito ao oiro, o mais ductil de todos, se torna, pelo contrario, hum incoveniente quando se emprega em massa; e as obras feitas com estes metaes, trabalhados em seu estado natural, não terião assas concistencia, e serião sujeitos a disformarem-se e a perder o que a mão da arte lhes deu. Remedea-se isto ligando com o metal que se emprega, outro metal cujas moleculas interpostas entre as suas, diminuem o jogo, e as ligão mais fortemente humas com as outras. Por meio destas alliagens, as artes chegão a fazer os metaes mais duros ou mais sonoros; elles modificão á sua vontade as propriedades, e os transformão em outros metaes intermediarios, cuja diversidade he accomodada á dos nossos uzos.

CI. Diz-se que hum corpo he *molle*, quando suas partes cedem facilmente á pressão, conservando com tudo huma certa adherencia entre si. O effeito desta pressão persiste em muitos corpos, sem tornarem para a fórma que estes corpos tinhão primitivamente, e então póde considerar-se a molleza como não sendo senão hum alto grão de ductilidade. Neste cazo está a argila humedecida com agoa, que temos já tomado para exemplo. Porém o

termo *mollezu* tem huma maior extensão que o da ductilidade, porque ha corpos molles que são ao mesmo tempo elasticos. Tal he o *caout-chouc*, que se chama tambem, por esta razão, *gomma elastica*.

Da Cristallisação.

CII. A acção da affinidade sobre as moleculas da materia não tem sido considerada até aqui senão como hum meio empregado pela natureza para compor massas de hum volume mais ou menos sensivel. De resto, nós não temos supposto estas moleculas submetidas, em seu grupamento, a outra condição mais que de se pôrem em contacto humas com as outras, e temos feito abstracção da influencia que suas formas particulares e suas pozições respectivas podião ter sobre a estructura e sobre a configuração das massas. Temos com tudo de fallar de hum dos resultados mais notaveis desta affinidade, que consiste no arranjamento regular das moleculas de certos corpos, debaixo de hum aspecto geometrico.

A' chimica pertence o desemvolvimento das circunstancias que determinão este phenomeno, em que as moleculas, separadas primeiro humas das outras pela interposição de hum liquido, se aproximão depois, e se reunem em virtude de suas attracções mutuas, á medida que as moleculas do liquido as abandonão evaporando-se, ou por huma causa qualquer. Deu-se a esta operação o nome de *cristallisação*, e o de *cristaes* aos corpos regulares que são os productos.

A formação dos sáes, que tem lugar todos os dias debaixo dos nossos olhos, por intermedio dos dissolventes que emprega o chimico, não he outra couza mais que a imitação do que se passa no immenso laboratorio da natureza, e da maneira como se produzem estes cristaes de differentes especes que adereção certas cavidades do globo, ou que certas terras contem.

CIII. Aqui se apprezenta huma differença mui notavel entre os mineraes e os entes organicos. O vegetal, por exemplo, tira sua origem de hum germen que a nutrição desemvolve, concervando nelle sua forma, e o cunho desta forma se transmete depois, por via da reproducção, nos indeviduos cuja successão propaga a especie. Todos tem suas flores compostas de partes iguaes em numero, e semelhantes por sua figura e seu arranjamento: as mesmas razões existem nas posições respectivas das folhas,

em seus contornos arredondados ou angulosos, unidos ou denteados. As diversidades não tem mais que gradações ligeiras e fugitivas, de sorte que se póde dizer que quem tem visto hum individuo, tem visto huma especie inteira.

Mas o mineral não he senão huma reunião de moleculas homogeneas, reunidas pela affinidade; seu crescimento se faz pela justa posição de novas moleculas que se applicão a sua superficie, e sua configuração, que depende unicamente do arranjamento das moleculas, póde variar pelo effeito de certas circunstancias. Daqui vem esta multidão de formas differentes, e ao mesmo tempo regulares e bem desenhadas, que affectão frequentemente os cristaes de huma mesma substancia. Assim a combinação de cal com o acido carbonico, ou da cal carbonatada, apprezenta humas vezes a fórma de hum rhomboide, isto he, de hum parallelipido terminado por seis rhombos iguaes e semelhantes, outras vezes a de hum prisma hexaedro regular; este he hum dodecaedro terminado por doze triangulos scalenos; outras vezes he tambem hum dodecaedro, mas cujas faces são pentagonos, &c.

CIV. Todas estas differentes fórmas que hum mesmo mineral he suscedrivel de affectar, e que se alongão algumas vezes totalmente humas das outras por seu aspecto, se retem entre tanto por hum vinculo commum. E ainda que não nos tenha ainda sido concedido até aqui o desenvolver as leis a que o Ente supremo tem submetido as forças que as produzem, nos conhecemos ao menos as que seguem, no seu arranjamento, as moleculas que concorrem a determinalas. Nós vamos expor succecintamente a theoria destas leis, cuja consideração pertence á physica.

Das Fórmas primitivas dos Cristaes.

CV. Tinha-se notado á longo tempo que hum grande numero de mineraes, principalmente os que tem fórmas regulares, são compostos de laminas susceptiveis de serem separadas humas das outras, de sorte que os fragmentos destacados destes corpos pela percurssão, tem suas faces planas, lisas, e mais ou menos brilhantes.

CVI. Temos dado o nome de *divisão mecanica* á operação pela qual se chega tambem a fazer a anatomia de hum cristal, separando, por meio de qualquer instrumento de fio, tal como huma lamina d'aço, as junções naturaes de suas laminas componentes; e esta operação executada

em todos os mineraes que se prestão a isto, conduz-se a hum resultado geral, que he como o chavão da theoria das leis relativas á sua estructura. Consiste em que dividindo-se os differentes cristaes originarios de huma mesma substancia por golpes que se correspondão em todas as partes semelhantemente situadas, chega-se a extrahir hum solido regular, que he constante para todos os cristaes, mesmo para aquelles cujas fórmas diversificão muito. Dois ou tres exemplos bastarão para fazer conceber este resultado.

CVII. Seja *abef* (fig. 5.), o prisma hexaedro regular, que he huma das variedades da cal carbonatada: achar-se-ha que entre as seis arestas *in*, *ne*, *cb*, &c. da base superior, ha tres que se prestão á divisão mecanica. Seja *in* huma destas ultimas arestas; a divisão mecanica se fará seguindo hum plano *psut* inclinado de 135°, tanto sobre a base *abenih*, como sobre o plano *inef*. As duas arestas *bc*, *ah*, admittirão divisões analogas ás precedente, sem que seja possivel operar semelhantes nas tres arestas intermediarias *cn*, *ab*, *ih*.

O contrario succederá pelo que diz respeito á base inferior *gfedrk*; porque as arestas desta base que admittirem divisões, serão oppostas ás arestas não divisiveis da outra base; isto he, serão as arestas *de*, *fg*, *kr*. O plano *lqyz* reprezenta a secção feita nesta ultima aresta. Ter-se-hão logo seis planos postos a descoberto pelas secções, e continuando-se sempre a divisão parallelamente a estas secções, até que todas as faces do prisma hexaedro desapareção, chegar-se-ha a hum romboide, que he como o nó, e cuja figura reprezente debaixo de sua razão de posição com o prisma. O grande angulo EAI de huma qualquer das faces deste rhomboide, tal como o dá o calculo, he de 101° 32' 13".

Qualquer outro cristal da mesma especie, dividido mecanicamente, dará hum resultado analogo. Não se trata mais do que achar o sentido dos golpes que conduzem ao rhomboide central. Assim para se obter de huma vez o nó do dodecaedro de triangulos scalenos (fig. 6.), far-se-ha passar hum primeiro plano pelas duas linhas EO, OI, outro pelas linhas IH, KG, e hum terceiro pelas linhas GH, HE, e já se deixará ver a metade do rhomboides; feitas outras tres secções huma sobre as linhas OI, IK, outra sobre as linhas KG, GH, a ultima sobre as linhas HE, EO, chegar-se-há a destacar o nó. Veja-se a *figura* 7, que, reprezenta este nó do dodecaedro.

CVIII. Entre as variedades da mesma substancia, observão-se muitos rhomboides mui differentes do nó pela medida dos seus angulos. Porém cada hum destes rhomboides inclue hum outro que he tambem semelhante ao nó. Por exemplo, o rhomboides que se vê fig. 8., e no qual o angulo do cume he agudo, e tem por medida 75° 31' 20'', subdividindo-se por planos que interceptem as arestas terminaes; a saber, de huma parte *ns*, *us*, *ts*, e da outra parte *n's*, *u's'*, *s't'*, fazendo angulos iguaes com as faces que elles cortão. O resultado he o rhombo obtuso AA', que tem os mesmos angulos que o que se tira do prisma hexaedro regular, e que está da mesma sorte situado a respeito do rhomboide circumscripto, que suas faces são parallelas ás arestas deste, como deve ser segundo o que se tem dito. Esta modificação de huma fórma que parece servir-lhe de disfarçe, póde ser que tenha alguma couza de mais admiravel ainda que as diversidades que fazem outras fórmas como estranhas pelo que diz respeito ao seu nó.

CIX. Tomando-se hum cristal d'outra especie, o nó se achará mudado; se este he ainda rhomboide; terá angulos differentes. Em tal especie será hum cubo, em outra será hum prisma recto com bases rhombas, &c. Nós chamamos *fórmas primitivas* as destes solidos inscriptos cada hum em todos os cristaes que pertencem a huma mesma especie; e *fórmas secundarias*, as que differem da fórma primitiva. Esta ultima he tambem algumas vezes immediatamente produzida pela cristallização.

CX. A fórmas primitivas observadas, são, em geral, até seis; a saber, o tetraedro, que neste cazo he sempre regular; o parallelipipedo, que he humas vezes rhomboide, outras vezes cubico, &c. o octaedro, cuja superficie he composta de triangulos que são, segundo as especies, equilateros, isosceles, ou escalenos; o prisma hexaedro regular que apparece aqui entre as fórmas primitivas, se torna, como nós o temos visto (107), fórma secundaria, relativamente á cal carbonatada; e este não he o unico exemplo desta faculdade que tem o mesmo solido de se duplicar de alguma sorte pela variedade de suas funções.

Das Fórmas das Moleculas integrantes.

CXI. Não nos temos até aqui apartado da consideração do nó, porque este resultado da devisão mecanica

sendo como huma quantidade constante, relativamente aos cristaes de huma mesma especie, se torna hum dado commodo para a theoria, que, partindo deste constante, não tem mais que determinar as quantidades variaveis, isto he, os diversos modos como se arranjão as moleculas situadas nas partes que servem de capa ao nó.

CXII. Mas antes de passarmos ás leis deste arranjamento, devemos fazer conhecer as moleculas de que se trata; e pela subdevisão do nó parallelamente a suas differentes faces, e algumas vezes em outros sentidos ainda, he que se chega a este conhecimento.

Supponhamos pois que o nó seja hum parallelipipedo que não tenha outras junções naturezas senão as que são parallelas a suas faces, e escolhamos para exemplo o rhomboide da cal carbonatada. A subdevizão deste rhomboide, por planos sempre mais proximos entre si, dará rhomboides semelhantes a elle, e que irão diminuindo succecivamente de volume; e continuando-se esta divisão pelo pensamento além do termo onde os pequenos solidos se tornarião insensiveis á vista, chegariamos a rhomboides de hum tal grão de tenuidade, que não se poderião mais dividir sem os analisar, isto he, sem romper a união dos principios chimicos que os compõe. Estes rhomboides postos, de alguma sorte, no limite da devisão mecanica, são os que nós chamamos as *moleculas integrantes* da cal carbonatada, para as distinguir das moleculas elementares da mesma substancia, que são, de huma parte, as da cal, e da outra parte, as do acido carbonico.

CXIII. Tomemos para segundo exemplo o dodecaedro de planos rhombos (fig. 9.), que não póde ser mais dividido senão parallelamente a suas faces. Dizemos que neste cazo a molecula integrante será hum tetraedro. Para o provar, notaremos, que huma qualquer das arestas do dodecaedro he parallela ás duas faces oppostas deste solido. Assim a aresta *ol* he parallela ás faces *rsyx*, *puzh*; e a aresta *pu* he parallela as faces *olrs*, *ahzq*, e da mesma sorte as outras; d'outra parte, huma qualquer das pequenas diagonaes de hum dos rhombos he tambem parallela as duas faces oppostas: por exemplo, a pequena diagonal que passa pelos pontos *o*, *t* he parallela ás faces *rsyx*, *pzzh*; logo subdividindo-se o decaedro parallelamente as suas differentes faces fazendo passar, por maior simplecidade, planos que o cortem pelo centro, estes planos tomados tres a tres, passarão sempre por huma pequena diagonal como *ot*, e por duas arestas contiguas

a esta diagonal, como *os*, *ts*, ou antes *ou*, *tu*, isto he, que estes planos interceptarão dois triangulos isosceles *ost*, *out*, sobre a superficie de cada rhombo *ostu*; mas elles passão ao mesmo tempo pelo centro: portanto destacarão tetraedros, cujo numero será de 24, isto he, do dobro das faces. A fig. 10 representa separadamente o tetraedro, que tem por face exterior o triangulo *ost* (fig. 9), e mostra-se que as quatro faces de cada tetraedro são triangulos isosceles, iguaes e semelhantes: isto he huma consequencia da igualdade e da semelhança que existe entre os rhombos da mesma fórma primitiva.

CXIV. O prisma hexaedro regular, que escolheremos para terceiro exemplo, não admitte tambem subdivisões senão parallelas ás suas differentes faces; e basta lançar a vista sobre a fig. 11, na qual se tem traçado sobre o hexagono regular que representa a base do prisma, linhas indicativas das subdivisões, para conceber que a fórma da molecula he, neste cazo, hum prisma triangular equilateral.

CXV. Consideremos em fim huma das fórmas primitivas cuja subdivisão não se limita ao parallelismo com as faces. Tal he o prisma recto rhomboidal representado na fig. 12, que pertence a huma substancia chamada *staurotide* (cruzeta), que se acha no departamento de Finisterra, onde seus cristaes crescem communmente dois a dois. Este prisma, por outra, as divisões parallelas aos planos M, M, e á base P, admitte outras parallelas a hum plano que passaria pela pequena diagonal A, A, e pela da base opposto; do que se segue as moleculas integrantes são tambem aqui prismas triangulares, mas que tem por bases triangulos isosceles.

Nada diremos da divisão das outras fórmas primitivas, porque os limites que somos obrigados prescrever a nós mesmos não nos permitem entrar nos detalhes nescessarios para tirar huma difficuldade que provém de que esta divisão parece tender a moleculas de duas fórmas differentes. Ser-nos-há sufficiente observar que se póde, por meio de huma hypothese muito admissivel, conduzir o resultado a huma só fórma de molecula que he o tetraedro, e que além disto a difficuldade de que se trata, quando mesmo ella subsistisse toda, não tocaria o fundamento da theoria.

CXVI. Agora, para melhor fazer sobresahir o que tem de notavel a consequencia que se tira da subdivisão das fórmas primitivas, relativamente ao numero e ás fórmas

das moleculas integrantes, supponhamos que se tratava de determinar em geral os tres solidos geometricos os mais simples. Como he precizo ao menos quatro planos para circunscrever hum espaço, he evidente que os solidos pedidos serão successivamente terminados por quatro, cinco e seis planos; e tomando, em cada especie de solido, o mais simples, ter-se-há logo a pyramide triangular ou o tetraedro, depois o prisma triangular, e em fim o parallelipipedo. Taes são pois as tres figuras elementares que dão principio a esta grande diversidade de cristaes que a natureza offerece á nossa observação. Reconhece-se aqui aquillo que nós poderiamos chamar sua divisa familiar, *economia e simplicidade nos meios, riqueza e variedade nos effeitos.*

As tres fórmas de que se trata são diversificadas nos differentes mineraes pelas medidas dos angulos, e pelas dimensões respectivas particulares que a theoria determina; e he em grande parte sobre estas differenças que he fundada a distincção das especies mineraes.

CXVII. Mas huma consideração sobre a qual não nos deviamos muito firmar, he que em toda a serie de cristaes que a theoria conduz a huma e mesma fórma primitiva, por meio de leis de que logo fallaremos, a fórma da molecula he invariavel relativamente á medida de seus angulos e ás suas dimensões respectivas; e esta constancia, que he demonstrada por factos sobre os quaes basta abrir os olhos, e por calculos intimamente ligados com estes factos, subsiste no meio de todas as diversidades que modificão a composição de huma substancia. Que em huma mesma serie de cristaes, sejão estes transparentes e sem côr, que aquelles contenhão hum principio colorante, seja que hum terceiro dê, por analyse, huma certa quantidade seja de ferro, seja de huma materia qualquer da qual os outros cristaes não dão o menor indicio; seja que haja mesmo hum dos principios communs a todos os individuos, que se ache em excesso em alguns, todas estas variações, qualquer que seja a causa, não alteraráõ mesmo a fórma geometrica da molecula integrante: isto he como hum ponto fixo á roda do qual tudo parece oscillar. Se pois ha aqui hum problema a resolver, não he aquelle que consiste em explicar como a constancia das moleculas póde concordar com as mudanças que intervem na composição, mas aquelle cujo fim seria conciliar estas mudanças mesmo com a immutabilidade que não se póde dispensar d' accordar á fórma das moleculas.

CXVIII. As divisões que temos considerado no nó, se entendem igualmente em toda a materia que o cobre, d'onde se segue que o cristal inteiro não he outra couza mais do que hum ajuntamento de moleculas integrantes, semelhantes ás que fórmão o mesmo nó. Nós suppomos que estas moleculas são as mesmas que estavão suspensas no liquido em que se operou a cristallisação, se bem que nós não cortamos physicamente certos, pois que estes escapão a nossos olhos por sua extrema pequenez; porém no estudo da natureza, nós não podemos obrar mais sabiamente do que adoptar este principio, *que as causas se julgão serem taes em si mesmo como se offerecem ás nossas observações.* Os ultimos resultados sensiveis da divisão mecanica dos mineraes, se elles nos não dão a figura das verdadeiras moleculas integrantes dos cristaes, merecem tanto melhor concebe-las, quanto tomando-as por dados, nós chegamos a representar fielmente os factos que nos offerece a natureza, e a estabelecer a ligação e a mutua dependencia.

A theoria que diz respeito a este objecto, consiste em procurar as leis que seguem as moleculas no seu arranjamento, para produzirem estas especes de capas regulares que mascarão huma mesma fórma primitiva de tantas maneiras differentes.

Das Leis a que está submetida a estructura dos Cristaes.

CXIX. Examinando-se attentamente as figuras das laminas que cobrem successivamente o nó de hum cristal, que nós chamamos *laminas* de *subreposição*, vê-se que partindo deste nó ellas vão decrescendo progressivamente, humas vezes de todos os lados, outras vezes de certas partes sómente. Mas a quantidade de que cada lamina he excedida por aquella que a precede, não póde provir senão da diminuição de huma certa somma de moleculas integrantes que faltão á primeira para que ella esteja em nivel com a segunda; e porque as bordas das laminas decrescentes são constantemente linhas rectas parallelas humas ás outras sobre as differentes laminas, resulta que as differenças de que temos fallado são medidas pelas subtracções de huma ou muitas fileiras de moleculas integrantes. Eis-aqui por tanto o enunciado do problema que se apprezenta a resolver-se: sendo dado hum cristal secundario, e a figura do seu nó e sendo igualmente dada

a figura de suas moleculas integrantes; suppondo-se de mais que cada huma das laminas que estão applicadas ao nó, seja excedida pela precedente, em certas partes, por huma quantidade igual a huma, duas, tres fileiras, &c., de moleculas; determinar entre estas differentes leis de decrescimento, aquellas donde resulta huma fórma semelhante á proposta, pelo numero, figura, disposição de suas faces, e pela medida de seus angulos planos e solidos.

Estas especies de problemas não pódem ser resolvidos senão por via do calculo; mas para fazermos conceber o modo como as leis de que se serve para determinar os resultados obrão, nós passamos a construir, pelo methodo da synthese, algumas fórmas secundarias, fazendo, por assim dizer palpavel a sobreposição e as variações das laminas decrescentes applicadas sobre o nó.

Decrescimento nas bordas.

CXX. Comecemos por hum exemplo muito elementar tirado do dodecaedro de planos rhombos (fig. 13.), que já temos visto (110) entre as fórmas primitivas, mas que consideraremos aqui como secundaria, cujo nó he hum cubo. Para extrahir este nó, basta tirar successivamente os seis angulos solidos, taes como *s*, *r*, *t*, &c., compostos cada hum de quatro planos, por cortes dirigidos nos sentidos das pequenas diagonaes. Estes cortes discobrirão seis quadrados AEOI, EOO'E', IOO'I', &c., que serão as faces do cubo primitivo.

Este cubo sendo o ajuntamento de moleculas integrantes da mesma fórma, será precizo que cada pyramide que assenta sobre suas faces, seja composta de cubos iguaes entre si, e aos que fórmão o nó. Ora esta condição será preenchida, se a primeira lamina, situada na base de huma qualquer das seis pyramides, tiver em cada huma de suas bordas huma fileira de cubos de menos do que no cazo em que ella cubrisse inteiramente a face do nó sobre que assenta a pyramide, e se cada huma das outras laminas for da mesma fórma excedida em cada borda pela precedente, por huma quantidade igual a huma fileira; porque he bem evidente que, neste cazo, todas as laminas serão unicamente compostas de cubos. Este assortimento he reprezentado pela fig. 14, aonde se vê que a ultima lamina se reduz a hum simples cubo (1).

(1) Não se puzerão aqui mais que tres pyramides applicadas sobre o nó; he facil imaginar as outras.

Esta figura foi traçada na hypothese de ter o nó 17 moleculas em cada huma de suas bordas; e, como as laminas de sobreposição diminuem de huma fileira em cada huma de suas bordas oppostas, resulta que os comprimentos destas bordas são successivamente como os numeros 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1, o que faz oito laminas em cada pyramide. As faces triangulares OsI, OtI, &c., destas pyramides, são produzidas pelas bordas decrescentes das laminas de sobreposição que se achão evidentemente sobre hum mesmo plano; de sorte que ellas são alternativamente reintrantes e sallientes.

Ora nesta ha seis pyramides, e por consequencia vinte e quatro triangulos. Mas porque o decrescimento he uniforme por toda a extensão dos triangulos adjacentes nas pyramides vizinhas, taes como OsI, OtI, resulta que os triangulos, tomados dois a dois, formão hum rhombo.

A superficie do solido será pois composta de doze rhombos iguaes e semelhantes, isto he, este solido terá a mesma fórma que o que faz objecto do problema. O angulo obtuzo de cada rhombo tem por medida 108° 28' 16'' (1), e a inclinação mutua de dois quaesquer rhombos, adjacentes he de 120°.

Ago a se, a esta especie de alvenaria, mas que tem a vantagem de fallar ao olho, substituimos a architetura infinitamente delicada da natureza, será precizo conceber o nó como sendo composto de hum numero incomparavelmente maior de moleculas de huma extrema tenuidade; então o numero das laminas de sobreposição sendo consideravelmente augmentado, a pezar de se tornarem imperceptiveis ás espessuras destas laminas, os regos que estas fórmão pelas entradas e sahidas alternativas de suas bordas, escaparáõ tambem a nossos sentidos; e he o que tem lugar nos polyedros que a cristallisação elaborou á sua vontade, sem ser nem apressada, nem perturbada em sua marcha.

Para enunciar o resultado que acaba de ser descripto, dizemos que o dodecaedro he produzido em virtude de hum decrescimento por huma só fileira, parallelamente a todas as bordas do nó cubico.

CXXI. Imaginando-se que as laminas de sobreposição decrescem por duas, tres fileiras, ou mais, e sempre

---

(1) He huma consequencia de que a razão entre a grande diagonal de cada rhombo e a pequena he a de $\sqrt{2}$ para 1.

parallelamente ás differentes bordas do cubo primitivo, então as pyramides sendo mais achatadas, suas faces não se poderão achar duas a duas sobre hum mesmo plano; de sorte que a superficie do solido secundario será composta de 24 triangulos distinctos.

CXXII. Nós chamamos *decrescimentos em largura*, aquelles em que cada lamina não tendo mais que a espessura de huma molecula, como no cazo que viemos de citar, he excedida pela precedente, em huma quantidade igual a 2, 3 fileiras, ou mais. Os *decrescimentos em altura*, são aquelles que aprezentão o effeito inverso, isto he, que cada lamina não sendo excedida por aquella que a precede senão em huma quantidade igual a huma fileira, póde ter huma altura dupla, ou tripla, ou quadrupla, &c., da espessura de huma molecula. O limite destas duas especies de decrescimentos tem lugar quando a differença em largura e a dimensão em altura são huma e outra iguaes á unidade, como no dodecaedro de planos rhombos originario do cubo (120).

CXXIII. O dodecaedro do ferro sulphurizado (pyrites ferruginosa), cuja superficie he composta de 12 pentagonos iguaes e semelhantes, como se vê na fig. 15, nos offerece huma combinação das duas especies de decrescimentos dos quaes acabamos de fallar. Cada pentagono, como rOsO'n, tem quatro lados iguaes, a saber, Ot, Os, O's, O'n; o quinto *tn*, que consideramos como a base do pentagono, he mais comprido que os outros. O dodecaedro de que aqui se trata tem tambem por nó hum cubo, o qual se chegaria a extrahir fazendo passar planos pelas diagonaes OI, OE, AE, AI, &c. (fig. 16), que interceptem os angulos oppostos ás bases; do que se vê que as porções postas sobre o nó, em lugar de serem pyramides, como no dodecaedro de planos rhombos, são especies de esquinas, que tem por faces exteriores dois trapezios, como são OIqp, AEpq, e dois triangulos isosceles EpO, AqI.

Cada huma destas partes addicionaes, por exemplo a que viemos de indicar, resulta de dois decrescimentos, hum por duas fileiras em largura, parallelamente ás duas bordas oppostas OI, AE, da face correspondente AEOI do nó, a outra por duas fileiras em altura, parallelamente ás outras duas bordas EO, AI da mesma face: de mais, cada decrescimento obra sobre as differentes faces do cubo, seguindo as tres direcções perpendiculares entre si. Assim o decrescimento de duas fileiras em largura ten-

do lugar na face AEOI, parallelamente a OI e AE, como temos dito, obra na face OII'O', parallelamente a OO' e II', e na face EOO'E', parallelamente a EO e O'E', e nos mesmos sentidos sobre as faces oppostas. A marcha do decrescimento em altura, por direcções que crescem tambem em angulo recto, se deixão ver por si mesmo, depois do que fica dito.

Examinando com attenção a figura 17, aonde se fez sensivel á vista a distincção das laminas de sobreposição e das moleculas de que ellas são as componentes, vê-se que o progresso do decrescimento em largura, que contribue, por exemplo, á formação da parte addicional EOIqp, e que tem lugar parallelamente á aresta OI e á sua opposta, sendo mais rapido que o do decrscimento em altura, que se faz parallelamente á aresta EO e á sua opposta, as duas faces que nascem do primeiro devem ser mais inclinadas que as que são produzidas pelo segundo; de sorte que cada pilha de laminas decrescentes não he terminada em ponto, mas em aresta *pq*: de mais cada trapezio, como Opql (fig. 16 e 17), que resulta do decrescimento em largura, estando no mesmo plano que o triangulo OtI, em consequencia de que o decrescimento em altura que determina este não he mais que a repetição em sentido contrario do decrescimento em largura, a reunião das duas figuras fórma hum pentagno pOtIq; do que se segue que o solido secundario he terminado por doze pentagonos iguaes e semelhantes, por cauza da figura regular do nó, e da symetria dos decrescimentos.

Suppondo-se que os decrescimentos obravão segundo duas outras leis, das quaes huma seja o inverso da que se combina com ella, de modo que nelle haja tres ou quatro fileiras, &c., subtrahidas na largura e outras tantas na altura, o resultado será tambem hum dodecaedro de doze pentagonos iguaes e semelhantes; e he bem evidente que todos estes dodecaedros differirão seja entre si, seja do precedente, pela medida dos seus angulos. Para que a existencia da lei, da qual temos feito depender este, seja demonstrada, he necessario que a inclinação (1) de cada pentagono, como tOsO'n, sobre o pentagono tIs'I'n, que tem a mesma baze *ta*, medido no dodecaedro da natureza, seja igual ao que determina o

(1) Concebe-se facilmente que esta inclinação que nós escolhemos com preferencia, determina todos os outros angulos.

calculo, tomando por dado a lei de que se trata, e que he de 126° 52' 12'' (1): ora o goniometro dá sensivelmente 127°; do que se deve concluir que a primeira medida he o limite a que o instrumento chegaria, sem as pequenas imperfeições que não lhe permitte offerecer outra couza mais do que approximações. O que nós dizemos aqui tem igualmente lugar em todas as outras applicações da theoria: sempre alguma lei de decrescimento lhe fornece hum resultado, que d'acordo com a da observação he o que mais satisfaz.

CXXIV. Tem-se tomado o solido, do qual viemos de explicar a estructura, por hum dodecaedro regular semelhante ao da geometria, porque tinha-se chegado a suppor nos cristaes fórmas que parecem as mais simples e as mais regulares, logo que senão considera no polyedro mais que seu aspecto, e como a sombra de hum corpo physico; mas a theoria mostra que a existencia do dodecaedro regular não he possivel em virtude de alguma lei de decrescimento. A cauza he porque a razão da quantidade, da qual cada lamina he excedida pela seguinte no sentido da largura, com a espessura da mesma lamina, deve sempre ser representada por numeros racionaes; o que tem lugar effectivamente no dodecaedro do ferro sulphurado, em que esta razão he de 2 para 1: pelo contrario a razão entre as duas dimensões correspondentes que tem lugar no dodecaedro regular, he exprimida em numeros irracionaes, isto he, que reprezenta huma couza impossivel (2). Mas o defeito de symetria que existe no exterior do dodecaedro do ferro sulphurizado, encobre hum

---

(1) Para achar esta inclinação, não se trata mais do que resolver hum triangulo *abc* (fig. 18), no qual o lado *ab*, seja para o lado *bc*, como a distancia entre a borda de huma lamina e a seguinte, dada pelo decrescimento em largura, está para a espessura de cada lamina, isto he, como 2 : 1. O angulo *abc* será a metade da inclinação procurada.

(2) Esta razão, tal como o dão as fórmulas trignometricas, he a de $\sqrt{5}+1$ para 2, o mesmo que a de $\sqrt{3+\sqrt{5}}$ para $\sqrt{2}$, á qual se chega por formulas relativas á theoria da estructura dos cristaes, e a medida do angulo formado pelas duas faces adjacentes he de 116° 33' 54'', em lugar de 126° 51' 12''.

caracter de simplecidade, que consiste em que a molecula sendo o cubo, cuja figura he notavel pela sua perfeição, a lei do decrescimento he ao mesmo tempo a que dá o dodecaedro por cauza do menor numero possivel de fileiras subtrahidas; desta sorte he verdade dizer-se que este he o dodecaedro regular da Mineralogia.

CXXV. Terminaremos o que diz respeito ao decrescimento das bordas, por hum exemplo tirado do dodecaedro de faces triangulares escalenas (pl. 1, fig. 6), que he, como temos visto (107), huma das variedades da cal carbonatada. Neste o nó he hum rhomboide, cujo eixo, isto he, a linha que passa pelos dois angulos solidos AA' (fig. 7), compostos cada hum de tres angulos obtuzos iguaes, deve ser situada verticalmente, para que este rhomboide se offereça á vista debaixo do seu verdadeiro aspecto; resulta que a symetria não exige mais, como em razão ao cubo, do que os decrescimentos que obrassem em huma qualquer EO das bordas de huma das faces, taes como AEOI, se repitão na borda opposta AI, porque este, que he contiguo a hum dos vertices, tem de certo modo huma maneira de ser differente do outro. Basta que tudo o que se passa a respeito da borda EO, tenha igualmente lugar em razão ás cinco outras OI, IK, KG, GH, HE, semelhantemente situadas. Julga-se, pela simples inspeção da figura, que estas seis bordas que são communs ao nó e ao cristal secundario, servem de linhas de separação a outros tantos decrescimentos, cujo effeito he produzir dos dois lados da mesma borda, como EO, dois triangulos EsO, Es'O; o que faz ao total doze triangulos, seis em cada vertice.

Ora o calculo mostra, que no cazo prezente, os decrescimentos se fazem por duas fileiras em largura, como se vê pl. II, fig. 19, aonde se limitou a traçar a especie de pyramide superior applicada ao nó. As sahidas e entradas que formão as laminas de sobreposição em suas bordas decrescentes, sendo nullas para os nossos sentidos, no cristal produzido pela natureza, a linha Es reprezenta huma das arestas contiguas ao vertice, tal como nós o vemos sobre este mesmo cristal; de sorte que a differença entre o vertice geometrico *s* e o vertice physico *s'*, se desvanece tambem, por cauza de sua extrema pequenez.

CXXVI. Em quanto as laminas de sobreposição decrescem nas suas bordas inferiores, ellas crescem, pelo contrario, nas suas bordas superiores, recobrando-se mutuamente deste mesmo lado; e he hum principio geral, que

as porções das laminas situadas fóra do alcance dos decrescimentos se estendem como farião, se o nó, conservando sua fórma, augmentasse simplesmente de volume. Porém a theoria faz abstracção destas variações subsidiarias, por não considerar mais que o effeito immediato do decrescimento, que só determina todo o resto.

CXXVII. Hum resultado que tem lugar geralmente para todos os dodecaedros produzidos em virtude da mesma lei, quaesquer que sejão os angulos primitivos, consiste em que o eixo de cada hum destes dodecaedros he triplo do eixo do nó, e em que a razão dos solidos he a mesma que a dos eixos: de mais, acha-se, por via do calculo, que no dodecaedro particular de que se trata aqui, o grande angulo OEs (pl. I. fig. 7.) de cada huma das faces he rigorozamente igual ao angulo obtuso EAI do nó, isto he, de 101° 32' 13'', e que a incidencia mutua das duas faces vizinhas OIs, KIs, sobre o dodecaedro, no lugar de huma das arestas salientes Is, he igual á das duas igualmente adjacentes EAIO, GAIK, em hum mesmo vertice do nó, isto he, de 104° 28' 40''. Isto he o que sugerio o nome de *metastatico* que nós temos dado a esta variedade, e que indica como o transporte ou o *metastaso* dos angulos do nó sobre o cristal secundario. As soluções dos problemas relativos á estructura dos cristaes, tem servido a descobrir immensas propriedades semelhantes, e resultados de huma geometria que merecia ser estudada, quando ella mesmo não dissesse respeito senão a simples especulaçoens. Mas este estudo aprezenta hum duplicado interesse, quando estas propriedades, de que ella offerece o desenvolvimento, tem hum fundamento real na geometria da natureza.

Decrescimentos nos Angulos.

CXXVIII. Independentemente dos decrescimentos que tem lugar parallelamente ás bordas das faces do nó, estes tambem se fazem em direcções parallelas ás diagonaes; e porque tem angulos por termo de separação, chama-los-hemos *decrescimentos nos angulos.*

Seja OIP'O' (pl. II, fig. 20) huma das faces de hum nó cubico, subdividida em muitos pequenos quadrados que serão bazes de outras tantas moleculas. Pódem-se considerar as ordens ou fios das moleculas, não só no sentido das arestas, como a fileira alinhada segundo *aá*, mas ainda no sentido das diagonaes, como as fileiras, das

quaes huma he designada por *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, &c., a outra por *n*, *t*, *l*, *m*, *p*, *o*, *r*, *s*, a terceira por *q*, *v*, *k*, *u*, *x*, *y*, *z*; toda a differença consiste em que aqui as moleculas de huma mesma fileira não se tocão mais do que por huma aresta, em lugar do que as que compõe as fileiras parallelas ás bordas se tocão por huma de suas faces. Limitarnos-hemos a hum só exemplo de decrescimento feito sobre os angulos.

CXXIX. A fig. 21 representa hum octaedro regular que tem por nó hum cubo, cujos angulos solidos, como se vê, correspondem aos centros das faces do octaedro; neste cazo, as laminas de sobreposição decrescem por huma fileira em todos os angulos das faces do nó cubico; resulta que a respeito do angulo I' (fig. 20), que escolhemos para exemplo, o cubo que corresponde a *i* he subtrahido da primeira lamina; na segunda ha a subtração de dois cubos, que correspondem a *ss'*; na terceira, os que correspondem a *z*, *h*, *z'*, e assim por diante; de sorte que as bordas situadas deste mesmo lado, sobre as differentes laminas, são alinhadas successivamenre como BB', DD', GG', &c.

Mas depois do principio (126), que em todos aquelles em que o decrescimento não obra, o cristal cresce, pelo contrario, como se o nó por si mesmo não fizese senão augmentar de volume, as laminas de sobrepozição se estendem para as partes situadas entre suas bordas decrescentes, embrulhando-se mutuamente, até que, as bordas decrescentes em huma mesma lamina vindo a tocarse, não reste mais do que o effeito dos decrescimentos, que continuão sua marcha até que cheguem ao seu termo.

Cada hum dos oito angulos solidos do cubo virá a ser por tanto o ponto de separação de tres decrescimentos que terão lugar sobre os tres planos que concorrem para a formação deste angulo; do que se segue que haverá ao total 24 faces produzidas em virtude dos decrescimentos. Mas porque os decrescimentos tem lugar por huma simples fileira, acontece tambem aqui que as tres faces que nascem á roda de hum mesmo angulo solido estão em nivel, e deste modo as vinte e quatro faces se reduzem a oito, e, em consequencia da fórma regular do nó, o octaedro secundario he por si mesmo regular. Esta estructura he a de huma variedade de chumbo sulphurizado, conhecido vulgarmente pelo nome de *galena*.

No mesmo cazo, ou em geral em todos aquelles que dizem respeito aos decrescimentos nos angulos, as faces

do solido secundario não são simplesmente sulcadas por estriás, como quando os decrescimentos se fazem nas bordas: ellas são eriçadas de huma immensidade de pontinhas, formadas pelos angulos solidos exteriores das moleculas; mas todos estes angulos estando em nivel, e as moleculas sendo de mais imperceptiveis, as faces do cristal parecem formar planos lizos e continuos.

A figura 22 reprezenta a combinação dos pequenos cubos que concorrem a produzir huma das faces *smn* (fig. 21) do octaedro de que temos fallado. O cubo *o* (fig. 22) está situado no angulo solido do nó notado com a mesma letra (fig. 21). Os cubos cujas faces estão atravesadas diagonalmente pelas linhas *bc*, *cr*, *rb*, (fig. 22), pertencem ás tres primeiras laminas de sobreposição que asentão sobre as tres faces do cubo adjacente ao angulo *o*; as que atravessão diagonalmente as linhas *ld*, *dg*, *gl*, pertencem ás tres laminas seguintes. Passado este termo, as bordas decrescentes se tocão, de modo que cada lamina toma a figura de hum quadrado, cujo lado contiguo á face *smn* he *seu*, *xy*, ou *hz*; e tudo marcha então por laminas desta mesma figura, que vão decrescendo de todos os lados ás vezes até aos vertices *s*, *m*, *n*, do octaedro, onde estas laminas se reduzem a hum simples cubo.

CXXX. As leis do decrescimento são susceptiveis de certas modificações que offerecem meios termos entre as que temos fallado; porém este não he o lugar de as fazermos conhecer, porque o nosso fim não tem sido mais que expor os principios geraes da theoria, e dar huma idea dos resultados mais ordinarios a que se estendem as applicações de seus methodos.

Fecundidade das leis dos Decrescimentos.

CXXXI. Temo-nos limitado á consideração das fórmas que não dependem mais do que de huma só lei de decrescimento, que chamamos *fórmas secundarias simples*. Mas a cristallisação nos offerece frequentes vezes fórmas que nós chamamos *compostas*, e cujas faces são produzidas pelo concurso de diversas leis de decrescimento; e quando alguma destas leis não chegue a seus limites, e que seu effeito fique como interrompido, o cristal secundario apprezenta faces parallelas ás do nó, interpostas entre as facetas que são devidas aos decrescimentos.

Quantas combinações incluidas nas numerozas modificações destas leis, que, alternativamente separadas nos

differentes corpos, e offerecendo no mesmo corpo a reunião de muitas fórmas, obrão humas vezes com preferencia em certas bordas ou em certos angulos, outras em huns e outros ao mesmo tempo, se multiplicão igualmente pela diversidade de suas medidas e pela de seus termos de separação; outras vezes em fim mascarão inteiramente o nó, e outras deixão subsistir seu cunho, e fazem servir as posições constantes de suas faces a novas variações! E supondo-se que o numero das fileiras subtrahidas seja mui variavel, e que possa ahi haver decrescimentos por vinte, trinta, quarenta ou mais fileiras, a imaginação se confundirá com a immensa quantidade de corpos regulares de que huma só substancia poderia povoar o mundo subterraneo; mas a força que produz as subtracções parece ter huma acção mui limitada, e até aqui não temos achado leis cuja medida exceda seis fileiras. Tal he entretanto a fecundidade que se liga com esta simplicidade, que limitando-se a decrescimentos ordinarios, por huma, duas, tres ou quatro fileiras nas bordas e nos angulos de hum rhomboides, mostra-se que esta especie de nó he susceptivel de produzir oito milhões trezentos e oitenta e oito mil seiscentos e quarenta variedades de fórmas differentes, a pezar de que o numero das que tem sido observadas até ao prezente, não passa além de sessenta relativamente à cal carboxatada, que he como o Proteo dos mineraes.

Generalidade da Theoria.

CXXXII. Nós não entraremos aqui em alguns detalhes sobre a estructura das fórmas secundarias, cuja molecula he hum tetraedro ou hum prisma triangular; porem não julgamos poder melhor terminar este artigo, do que por hum exposto de hum resultado que serve de ligar esta estructura com a das fórmas originarias do parallelipipedo. A ligação de que se trata consiste em que as moleculas tetraedras, ou prismaticas triangulares, estão sempre de tal fórma arranjadas no interior da fórma primitiva e dos cristaes secundarios, que tomando-as por pequenos grupos de duas, quatro ou seis, ellas compõe parallelipipedos; de sorte que as fileiras subtrahidas pelo effeito dos decrescimentos, não são outra couza mais que os vertices destes parallelipipedos.

CXXXIII. Assim no prisma hexaedro regular, cujo o hexagono ABCDFG (pl. I. fig. 11), reprezenta a baze

subdividida em triangulos, que são bazes de outras tantas moleculas, he evidente que dois triangulos quaesquer, visinhos hum do outro, taes como *Api*, *AOi*, compõe hum rhombo; e por consequencia os dois prismas aos quaes elles pertencem fórmão, por sua reunião, hum prisma recto de bazes rhombas, que he huma das especies de parallelipipedos.

Supponhamos huma serie de laminas postas sobre o hexagono ABCDFG, e que padecessem, por exemplo, em suas differentes bordas, subtracções, cuja medida seja tal, que estas mesmas bordas estejão alinhadas successivamente como os lados dos hexagonos *ilmnrh*, *kuxyge*, &c.; o effeito será o mesmo que o do decrescimento por huma pequena fileira de pequenos parallelipipedos, compostos cada hum de duas moleculas. Concebe-se que no mesmo cazo, o resultado do decrescimento he huma pyramide recta hexaedra que assenta por sua baze sobre o hexagono ABCDFG.

CXXXIV. Tomemos outra vez o dodecaedro de planos rhombos (fig. 9), que temos visto (113) ser huma reunião de tetraedros, cujas faces são triangulos isosceles iguaes e semelhantes. Se partimos os doze rhombos em quatro sortimentos compostos cada hum de tres planos, taes como aquelles que se reunem para formar hum qualquer dos quatro angulos solidos *o*, *y*, *g*, *z*, poderemos considerar cada sortimento, por exemplo, o que contém os tres planos *olrs*, *olpu*, como pertencendo a hum rhomboide que teria hum de seus vertices situados exteriormente em *o*, e do qual o outro vertice, metido no dodecaedro, se confundiria com o seu centro. Ora he bem claro que, nesta hyporese, os vinte e quatro tetraedros, de que o dodecaedro he a reunião, se juntão seis a seis para formar os quatro rhomboides que tem seus vertices exteriores nos pontos *o*, *y*, *z*, *g*. Por huma consequencia necessaria, suppondo-se a divisão mecanica até seu limite, todas as moleculas tetraedras que correspondem á este limite, grupadas da mesma sorte seis a seis, darão rhomboides. Ora fazendo decrescer as laminas de sobreposição por huma ou muitas fileiras destes rhomboides, he que a theoria chega a determinar as fórmas secundarias das substancias que, como a granada, tem o dodecaedro de planos rhombos por fórma primitiva.

CXXXV. Temos dado o nome de *moleculas subtractivas* a estes parallelipipedos compostos de tetraedros ou de prismas triangulares, e dos quaes as fileiras medem a quan-

ridade do decrescimento que sofrem as laminas de sobreposição. O calculo não tem necessidade mais do que destes parallelipipedos para chegar a seu fim ; e a especie da anatomia que sofrem então estes pequenos solidos, logo que se tente chegar até á verdadeira fórma da molecula integrante, he hum negocio de pura observação, que he estranho á theoria. O parallelipipedo reprezenta aqui a unidade ; e pouco importa que haja além desta unidade, fracções formadas de suas subdivisões. Por meio desta conformidade entre os resultados dados pelas diversas fórmas de moleculas integrantes, a theoria tem a vantagem de poder generalisar seu objecto, reduzindo a hum mesmo elemento esta immensidade de fórmas que, por sua diversidade, parecião pouco susceptiveis de concorrer em hum ponto commum.

III. Do Calorico.

CXXXVI. Em tudo quanto temos dito até aqui dos corpos solidos, temos semqre considerado suas moleculas como reunidas, de huma maneira invariavel, pela força da affinidade, e não temos dado attenção senão ás differentes modificações de figuras que resultavão de seu arranjamento. Mas a affinidade por si mesmo ou antes a adherencia que ella produz entre as moleculas, he susceptivel de immensas variações dependentes de huma cauza que contrabalança mais ou menos o effeito desta mesma affinidade, e muitas vezes acaba por destrui-la inteiramente.

Esta cauza que rezide em todos os corpos, tende continuamente a separar suas moleculas, e segundo que sua acção vence a da affinidade, ou está em equilibrio com ella, ou em fim lhe he inferior, o corpo se dilata, conserva seu volume, ou se contrahe occupando hum menor espaço. As mudanças que ella opera nas dimensões dos corpos, ordinariamente mui subtis para escaparem á vista, são mui notaveis em certas circunstancias das quaes citaremos exemplos. Mas sua acção se nos manifesta por hum effeito de outro genero, que tem huma relação intima com a nossa organização. Quando esta acção se exerce com mais energia sobre os corpos que nos cercão do que sobre o nosso, resulta huma rotura de equilibrio que faz nascer em nós a sensação conhecida com o nome de *calor*. Todos sabem que esta se torna mais viva e chega até cauzar dôr, quando se approxima dos corpos abrazados, onde a actividade da cauza de que se trata se anun-

cia pela destruição destes corpos. Os physicos derão a esta causa o nome de *fogo*, de *materia* de *calor*, ou mesmo de *calor*; os chimicos modernos a designão com o de *calorico*, o qual adoptaremos.

CXXXVII. O calorico por ventura não he antes o effeito de hum movimento intestino em virtude do qual as moleculas dos corpos sejão sollicitadas a separarem-se ou approximarem-se humas das outras segundo as circunstancias? Ou antes he huma materia realmente existente que separa as mesmas moleculas, ou lhe permitte approximarem-se, segundo que sua quantidade augmenta ou diminue nos corpos? Sem nada decidir entre estas duas opiniões, empregaremos a linguagem que he propria a segunda, olhando-a sómente como huma hypothese mais propria para ajudar a concepção dos phenomenos, e mais commoda para os exprimir.

Uzaremos igualmente em todas as occaziões semelhantes, e particularmente quando tratar-mos da electricidade e do magnetismo, designando pela palavra *fluido*, os dois principios componentes do fluido seja electrico, seja magnetico, não para exprimir entes cuja existencia não está sufficientemente provada, mas para dar, pelo pensamento, hum sujeito á acção das forças conhecidas que concorrem para a producção dos phenomenos. De resto não perderemos de vista a differença que se deve pôr entre os verdadeiros fluidos que nós apalpamos, que fechamos em vazos, e estes agentes, sobre a existencia dos quaes a observação ainda nada tem feito. Nós não os poremos como existindo na natureza, mas sómente na theoria, porque elles tem a vantagem, quando são bem escolhidos, de reprezentarem fielmente os resultados, offerecerem huma explicação satisfactoria, e mesmo de nos ajudarem a anteve-los; de sorte que elles não são verdadeiros agentes empregados pela natureza na produção dos phenomenos, elles se julgão terem lugar, e serem os equivalentes.

Insistiremos nesta nota, porque nos parece essencial ao progresso das sciencias, haver sempre, no seu estudo, esta igualdade e esta precizão de ideas, este methodo correcto e severo que põe cada couza no seu verdadeiro nivel, que evita fazer dizer á natureza mais do que ella tem dito, e de confundir huma hypothese simplesmente explicativa, com huma vista pura de objectos que tem hum fundamento real. Pode-se comparar a Physica a hum quadro que, para ser felizmente executado, deve fazer ao-

bresalhir as gradações insensiveis expressivas que separa a certeza da simples parecença, e onde se deve conhecer successivamente huma mão firme e intrepida nos desenhos bem pronunciados, e huma mão sabia e proporcionada, naquelles que exigirem ser adoçados. Tornaremos ao objecto de que nós tinhamos commeçado a occupar.

He á Chimica que pertence tambem o desenvolvimento dos effeitos que dependem da maneira como o calorico obra na composição e decomposição dos corpos. Nós o consideramos sobre tudo em seu estado ordinario, e debaixo do ponto de vista da Physica.

1. Dos Principios sobre que he fundada a theoria do Calorico.

CXXXVIII. Na hypothese que temos admittido, o calorico deve ser considerado como hum fluido mui subtil, eminentemente elastico, que penetra todos os corpos, no interior dos quaes elle está espalhado em maior ou menor quantidade. A quantidade deste fluido que contém hum corpo, não possue nelle toda a sua força expansiva natural, como explicaremos ao depois; mas ella conserva huma parte mais ou menos consideravel, em virtude da qual o calorico se esforça para se escapar do mesmo corpo, de sorte que não póde nelle ser conservado senão pela resistencia do calorico contido nos corpos ambientes, nos quaes elle tem huma tendencia igual a escapar-se. Se esta igualdade cessa, por huma superabundancia de calorico em algum dos corpos, este cede aos outros huma parte do seu fluido, até que o equilibrio se restabeleça. A tendencia do calorico a escapar-se deste modo de hum corpo, tem sido designada pela palavra *tensão*, que assemelha o estado do calorico ao de huma mola atada. He propriamente na quantidade desta tensão que consiste o que se chama a *temperatura* de hum corpo, e segundo que a tensão augmenta ou diminue, a temperatura se eleva ou se abaixa, o que se exprime em huma lingoagem mais familiar, dizendo-se que o corpo se aquece ou se esfria.

CXXXIX. Para facilitar a intelligencia dos detalhes relativos ao objecto que nos occupa, não será inutil dar aqui, como por anticipação, huma idea do thermometro. Este instrumento he composto de hum tubo terminado em fórma de bola, e cheio de hum licor cujas dilatações e contracções fazem conhecer as variações a que está sujeita a temperatura dos corpos em contacto com o thermo-

metro. Resulta que a columna de licor que occupa o tubo se estende e se contrahe á medida que a temperatura se eleva ou se abaixa. Os movimentos da columna se medem por via de huma graduação na qual se distinguem dois limites, dos quaes hum corresponde ao ponto de abaixamento desta columna, quando a temperatura he a do gelo a derreter-se, e o outro ao ponto de elevação da mesma columna, quando a temperatura he a da agoa fervendo. No thermometro chamado de *Réaumur*, e no que se chama *centigrado*, o zéro da escalla indica o termo do gelo a derreter-se; porém no primeiro, o intervallo comprehendido entre este termo e o da agoa fervendo está dividido em 80 partes, e no segundo em 100 partes. A subdivisão he continuada em hum e outro thermometro abaixo de zero, em partes iguaes aquellas que subdividem o intervallo entre os dois limites.

CXL. Acabamos de dizer que as dilatações da columna do liquido contido no tubo do thermometro annuncião as elevações da temperatura, ainda que sejão dois effeitos distinctos e produzidos por duas acções differentes do calorico, como faremos vêr. O mesmo he das contracções do liquido, pelo que diz respeito aos abaixamentos da temperatura. Mas estes effeitos sendo proporcionaes entre si, em hum thermometro cuja construcção tenha sido conduzida á maior perfeição deste instrumento, a marcha da dilatação se torna aqui hum termo de comparação, que nos serve para medir a olho a temperatura.

CXLI. Não devemos omittir que quando empregamos o mesmo instrumento como indicador da temperatura do ár ou de qualquer outro corpo, suppõe-se sua massa assas pequena; para que a quantidade de calorico que elle cede ou que elle tira das substancias que o cercão, possa ser desprezada sem erro sensivel. Daremos mais abaixo huma descripção mais ampla do thermometro, junta á theoria da sua construcção.

CXLII. Na expozição que fizemos dos conhecimentos preliminares relativos á theoria do calorico, nós partimos dos dois effeitos os mais notaveis deste fluido, a dilatação e a elevação de temperatura que elle produz nos corpos, á medida que elle se introduz entre suas moleculas. Mas o desenvolvimento dos phenomenos exige que nós consideremos agora o calorico, tal qual elle he em si mesmo, quando elle não obedece senão ás suas forças naturaes, e está desligado das especies de obstaculos que sua demora no interior dos corpos põe á sua acção.

Ninguem nos parece ter conhecido mais felizmente este objecto que Pedro Prevost, nem ter melhor escolhido as propriedades que convinhão attribuir-se aqui ao calorico, para que a theoria que nascesse fosse d'acordo com a observação (1). Conformarnos-hemos no que se vai a seguir, com os principios deste celebre physico, fazendo-se algumas modificações, que não tendem mais que a simplificar as applicações.

Calorico radiante.

CXLIII. Tal he pois a maneira como o calorico em estado livre exerce sua força expansiva, que suas particulas tem hum movimento rapido, que se faz em linha recta, todas as vezes que se lhe não oppõe algum obstaculo. Estas particulas, lançando-se como por enfiadas, deixão entre si intervallos incomparavelmente maiores que seus diametros; do que se segue que, quando differentes infiadas se cruzão, as moleculas de cada huma achão sempre huma passagem livre, para atravesar os caminhos seguidos pelas outras de sorte que o movimento geral não perturba os movimentos particulares. Nós veremos ao depois que estas propriedades do calorico lhe são communs com a luz, ao menos na opinião Newtoniana que temos adoptado.

Segumdo estas primeiras noções, deve-se conceber que, em hum espaço qualquer, onde o calorico está livre a propagar-se, existe, em todas as temperaturas, huma immensidade de raios do mesmo fluido, que se movem em todas as direcções imaginaveis; do que resulta que cada ponto do espaço de que se trata he como hum duplicado centro, d'onde partem e para o qual tendem, de todos os lados, series não interrompidas destes mesmos raios.

CXLIV. Neste estado, em que o calorico abandonado a si mesmo, se solta como a luz, deose-lhe o nome de *calorico radiante.* Debaixo desta fórma, he que se poderia chamar sua fórma natural, quando atravessa continuamente o ar, e a conserva, postas certas condições, até ao encontro dos corpos solidos. Se a superficie que o recebe

(1) Recherches physico-mécaniques sur la chaleur, Paris, 1792. Memoire sur l'equilibre du feu, Journ. de Phys., 1792, p. 314 & suiv.

he liza e polida, sobre tudo se he a de hum espelho metallico, os raios que a elle chegão obliquamente, se levantão de novo, fazendo com elle hum angulo igual ao de sua incidencia. Esta especie de desvio, ao qual se deu o nome de *reflexão*, tem lugar igualmente, e segundo a mesma lei, na luz, como explicaremos quando fallarmos deste fluido.

As propriedades do calorico radiante forão em parte verificadas, ha tempo, por Schéel, pela experiencia, e he de admirar a sagacidade com que elle as percebeo, em huma epoca em que este objecto era quazi inteiramente novo (1). Para melhor estudar os caracteres deste fluido assim livre de toda a opressão, elle tinha escolhido huma das circunstancias em que os phenomenos que elle produz se mostrão de huma maneira mais sensivel, a saber, aquella em que elle sahe de huma estufa onde a lenha se queima com actividade, da qual se deixa a porta aberta. O calorico neste estado, assim como notou Schéel, se lança, como huma torrente, a travez do ar ambiente, e sua emissão tem huma tão forte tendencia a fazer-se em linha recta, que sua direcção não he mudada pela corrente do ar que gira continuamente na boca da estufa, a substituir a que se escapa, em virtude da dilatação produzida pelo calor interior. Em vão se agita fortemente o ar na boca da estufa: a marcha dos raios do calorico não he mais interrompida que a dos raios solares.

CXLV. A esta primeira observação de Schéel, succede a da reflexão do calorico radiante na superficie dos espelhos metallicos, seguindo as mesmas leis que para a luz; e se o espelho he concavo, a acção do calorico se concentra em seu foco, de sorte que hum pedaço de enxofre posto neste foco logo se inflamma.

CXLVI. Em quanto o calorico conserva sua fórma radiante, seja que elle seja reflectido na superficie de hum corpo, ou que atravesse livremente a massa, elle não afecta em nada a temperatura deste corpo e não altera de alguma maneira as suas dimensões. Schéel observou tambem esta premanencia de temperatura, no cazo da reflexão. Seu espelho concavo de metal, não foi nada aquecido, ainda que exposto ao efluvio abundante de calorico que obrasse com tanta inergia sobre hum corpo posto no lugar do foco. Porém cobrindo-se a superficie

(1) Traité chimique de l'air et du feu, traduit par Dietrich, 1781, pp. 118.

do espelho com huma pouca de ferrugem, passando-o por cima da luz de huma candea, o calorico que cahia sobre este espelho, perdia sua fórma radiante, e se unia ao metal, que o aquecia até ao ponto de se lhe não poder tocar impunemente.

Calorico sensivel e Calorico latente.

CXLVII. Esta ultima observação nos apprezenta o calorico em hum novo estado ao qual élle passa todas as vezes que se introduz no interior dos corpos. Elle exerce então sua força ordinariamente de duas maneiras, como temos já indicado (136), huma aquecendo os corpos e elevando sua temperatura, a outra, fazendo-lhe sofrer hum augmento de volume, à medida que elle separa suas moleculas, em virtude de sua elasticidade.

CXLVIII. Ora a distincção destes dois effeitos nos conduz a admittir hum modo de conceber a cauza que os produz. Consiste em que nelles sempre ha huma parte da acção do calorico, que he empregada unicamente a fazer mostrar a temperatura, e outra que não intervem senão para augmentar o volume, e que o thermometro não sente (1). Nós podemos pois, para mais simplicidade, considerar o calorico que se introduz em hum corpo, como sendo composto de duas porções destinadas a produzir as duas acções de que acabamos de fallar. Chamaremos *calorico sensivel* ao que aquece o corpo, e *calorico latente* aquelle que o dilata.

CXLIX. Para melhor fazer sobresahir a distincção de que viemos de fallar, citaremos aqui, tomando o ar por exemplo, algumas experiencias ás quaes tornaremos ao depois com mais miudeza.

Imaginemos que huma massa d'ar sendo fechada de todas as partes se augmenta, por via de hum meio qualquer, o espaço que elle occupa, de maneira, por exemplo, que o crescimento seja de huma decima. Este ar se dilatará, para encher o vacuo, e, depois da dilatação, sua temperatura será tambem a mesma. Ora elle não teria podido dilatar-se, conservando tambem sua temperatura, sem roubar o calorico aos corpos ambientes, como

---

(1) O fundamento desta distincção, que he devido ao celebre Laplace, se acha em huma bella Memoria publicada por este sabio, junto com Lavoisier. Memoires de l' Acad. des Sciences, 1780, p. 388.

logo faremos ver. Mas este calorico tomará todo a fórma de calorico latente, para operar a dilatação.

Póde-se tambem suppor que o ar, sem estar submetido á influencia dos corpos ambientes, receba desde o primeiro instante huma quantidade de calorico igual á quella que elle lhe tinha roubado. Esta quantidade desaparecerá da mesma sorte durante a dilatação na qual sua acção será toda empregada, de sorte que a temperatura acabará tambem por se achar de novo no mesmo grão que antes da experiencia.

Concebamos ao contrario que em lugar de deixarmos ao ar o dilatar-se, se introduz no espaço primitivo, e que ao mesmo tempo se lhe communica huma certa quantidade de calorico addicional. Toda esta quantidade ficará em estado de calorico sensivel, para elevar a temperatura.

Imaginemos em fim que se communica ao ar esta mesma quantidade de calorico, mais aquella que tinha servido a dilata-lo a primeira vez, e que logo se augmenta tambem de huma decima o espaço no qual elle está fechado. Os dois effeitos que tinhão lugar separadamente nas experiencias precedentes se farão simultaneamente, isto he que a quantidade que tinha produzido a dilatação, passando ao estado de calorico latente, obrará tambem aqui da mesma maneira, posto que a outra, conservando a fórma de calorico sensivel, fará subir a temperatura ao mesmo numero de gráos. Ora isto he o que tem lugar, em geral, pelo que diz respeito aos corpos no interior dos quaes o calorico se accumula de mais em mais. O phenomeno tomará huma marcha inversa, suppondo-se que huma quantidade de calorico se escapa do interior de hum corpo. Este experimentará então hum resfriamento acompanhado de huma diminuição de volume. O primeiro effeito será devido á separação de huma porção de calorico sensivel, e o segundo á porção corresponcente de calorico latente.

Póde-se obter os dois effeitos separadamente fazendo que o ar sofra variações que apprezente da mesma sorte o inverso dos que têmos citado; isto he, o que se verá, pelos resultados das experiencias que dizem respeito a este objecto, cuja exposição achará lugar n' outro artigo.

CL. Para dar huma melhor idea do que se passa nos phenomenos de que acabamos de fallar, não devemos omittir huma differença relativa á marcha das acções exercidas por duas partes que se julgão subdividir a totali-

dade do calorico que hum corpo recebe no seu interior. Consiste em que a parte que fica em estado de calorico sensivel he proporcional ás elevações de temperatura de que ella he a cauza, em lugar do que, a parte que se torna latente, e que produz a dilatação, segue huma razão que communmente não concorda com as elevações de temperatura, mas que padece em hum instante desigualdades, segundo a maior ou menor facilidade do corpo a prestarse á acção desta parte, relativamente á distancia de suas proprias moleculas, e outras modificações susceptiveis de variar mesmo com a dilatação. Esta observação nos será util, quando tratarmos do thermometro.

Equilibrio do Calorico.

CLI. Durante a passagem ao estado de equilibrio da temperatura de dois corpos, hum quente, outro frio, os quaes se suppõe separados, estes envião continuamente hum ao outro quantidades de calorico radiante, que tendem á igualdade; e no termo em que ella tem lugar he que o equilibrio se acha estabelecido. De mais, huma parte dos raios enviados por cada corpo he emanada do seu interior, e huma parte dos que elle recebe nelle se introduzem; e de huma e de outra parte he que dependem as variações de temperatura e de volume. O resto dos raios enviados ou recebidos provém das reflexões que tem lugar na superficie, e não tem, como temos já dito, alguma influencia na temperatura, a respeito do que notaremos que as superficies que são descoradas e desiguaes conservão com tudo a propriedade de reflectir, até a hum certo ponto o calorico radiante, cuja analogia com a luz se sustenta tambem neste cazo.

CLII. A emissão e a absorpção do calorico comparadas seja entre si, seja com a reflexão do mesmo fluido, nos subministrão dois principios em que se funda em grande parte a explicação dos phenomenos, quando os corpos estão fóra do contacto. Hum consiste em que o poder de transmitir o calorico interno, que nós chamaremos *o poder emissivo*, e o de absorver o calorico que vem de fóra, ou *o poder absorvente*, augmentão e diminuem por gráos iguaes em hum mesmo corpo. Se hum he duplo ou triplo, pelo effeito de qualquer circunstancia, o outro o será igualmente. O Segundo principio he, que o poder de reflectir, á medida que varia relativamente a hum mesmo corpo, determina huma igual variação em sentido

contrario no poder de transmittir ou de absorver o calorico; tanto hum augmenta, tanto o outro diminue, e reciprocamente; de sorte que todo o calorico que hum corpo, que se suppõe ter recebido hum novo gráo de polimento, reflecte mais que d'antes, dada huma certa quantidade de calorico, he justamente a medida do que elle transmete ou absorve de menos.

CLIII. Mas para proceder gradualmente, na explicação dos phenomenos, concebamos dois corpos A e B, nos quaes o poder de reflectir seja nullo, de sorte que todo o calorico radiante que elles lanção hum ao outro provém do seu interior. Concebamos de mais, que estes corpos estando em prezença huns dos outros, a temperatura de A seja mais elevada que a de B. Elles enviaráõ, como por troca, huma porção do seu calorico, na fórma radiante. Mas como A he mais quente que B, elle lhe enviará mais em hum tempo dado, do que receberá do outro; de sorte que a quantidade de calorico perdida por B sendo mais que conpensada, se bem que, relativamente ao corpo A, não haverá alguma compensação, a temperatura de B se elevará, posto que a de A abaixará. A' medida que as mudanças se multiplicão, a differença entre as duas temperaturas diminuirá, e no termo em que as quantidades que se trocão se tornão iguaes, haverá igualdade nas temperaturas, e então cada corpo continuará a enviar ao outro tanto calorico quanto receber, e esta conformidade de mudanças persistirá em quanto o systema conservar a mesma temperatura.

CLIV. Imaginemos, por fixar nossas ideas, que a quantidade de calorico radiante que cada corpo recebe ou envia, neste estado de equilibrio, sendo composta de quatro centos raios, a superficie de A adquira de repente a faculdade de reflectir para fóra duzentos raios dos quatrocentos que lhe chegão. O poder emissivo e o poder absorvente se acharáõ diminuidos d'outro tanto (151), de sorte que em lugar de quatrocentos raios que erão transmitidos ou absorvidos pelo corpo A, em hum tempo dado, não haveráõ mais que duzentos. Desta maneira os dois corpos continuaráõ a inviar hum ao outro quatrocentos raios; mas pelo que diz respeito a B, todo será transmitido ou absorvido, e a respeito de A huma ametade será transmittida ou absorvida, do que se vê que a uniformidade de temperatura continuará a ter lugar em cada hum dos dois corpos.

Supponhamos que o corpo B adquira no seu contor-

no hum poder de reflectir, mas que seja sómente huma vez menor que o de A. Será facil concluir que dos quatrocentos raios enviados ou absorvidos por B, trezentos serão submettidos á emissão ou á absorpção, e os outros cem á reflexão, ainda que tudo se passe do mesmo modo, pelo que diz respeito ao corpo A, isto he, que transmitta ou absorva duzentos raios, e reflicta os outros duzentos. Deste modo a repartição que se faz, entre a superficie e o interior de cada corpo, da quantidade de calorico que este corpo recebe ou envia continuamente, satisfaz ao mesmo tempo, á relação entre os poderes de reflectir, e a condição de huma temperatura constante.

CLV. Ha outro modo de passagem ao estado de equilibrio, em que o calorico sensivel conserva sua fórma. He o que tem lugar entre muitos corpos em contacto huns com os outros, em temperaturas differentes. Então huma porção do calorico contido no corpo mais quente, se introduz immediatamente nos que estão mais frios, e se espalha de proximo em proximo, com maior ou menor difficuldade, com maior ou menor tardança, até que haja em todos huma uniformidade na temperatura.

Influencia da Capacidade de Calorico.

CLVI. Tornemos agora ao cazo em que os corpos em commercio de calorico estão separados huns dos outros, e examinemos de mais perto a marcha do phenomeno, durante os momentos que precedem o equilibrio. De huma parte as reflexões que tem lugar na superficie do corpo dependeráõ da razão entre os poderes de reflectir. D'outra parte, o effeito do calorico que se introduz no interior dos corpos está submettido á influencia da natureza particular de cada corpo, o que he cauzado pelas grandes variações nas quantidades de calorico que os differentes corpos devem ceder ou roubar para que se estabeleça a igualdade de temperatura. Para melhor fazer conceber em que consiste esta influencia, supponhamos primeiramente hum corpo A posto em distancia, entre dois outros corpos B e C, iguaes em massa, e que tenhão a mesma temperatura, porém mais baixa que a do corpo A. Se os tres corpos são homogeneos, B e C, no momento de equilibrio, receberão de A crescimentos iguaes de calorico interno, e a razão entre a parte empregada em determinar a elevação de temperatura e a que produzir a dilatação será a mesma de huma e outra parte.

A igualdade terá tambem lugar, no cazo em que sómente B e C, sejão homogeneos.

CLVII. Tudo será de outro modo, se os tres corpos são heterogeneos, ou mesmo se hum dos corpos B e C seja differente do outro por sua natureza. Então a condição do equilibrio exigirá que o corpo A ceda aos outros dois quantidades desiguaes de calorico, e aquella que cada hum destes corpos tiver adquirido será mais ou menos consideravel, segundo que este corpo, em virtude de sua natureza particular, de sua contextura e de outras circunstancias, tiver necessidade de empregar mais ou menos calorico para sua elevação de temperatura e para a dilatação que he o que se segue. Concebe-se, por exemplo, que a porção de calorico preciza para a dilatação deva ser maior, sendo tudo igual, se a affinidade que determina a cohesão das moleculas do corpo opposer mais resistencia á sua separação. Esta disposição a apoderar-se de todo o colorico necessario para produzir o dobrado effeito do qual viemos de fallar, he que nós chamamos em geral *capacidade de calorico.*

Desta sorte, na hypothese em que B tiver huma capacidade maior que a de C, exigirá que o calorico esteja mais accumulado no interior do mesmo corpo, para que o resto da força expansiva natural deste fluido fosse igual á da força do calorico de C, que seria menos abundante, porém ao mesmo tempo menos captivo. Daqui vem que se hum thermometro applicado ao corpo B ficasse estacionario, elle estaria igualmente, se logo depois se apprezentase ao corpo C, porque as tensões do calorico sendo iguaes nos dois corpos, o thermometro, de sua parte, não poderia achar-se em equilibrio de tensão com o corpo B, sem igualmente o estar com o corpo C.

CLVIII. Tudo tem lugar de huma maneira analoga na passagem ao estado de equilibrio entre corpos de differentes naturezas, em contacto hum com os outros. As quantidades de calorico cedidas pelos corpos mais quentes aos que são menos, dependem, sendo tudo igual, das capacidades de calorico. Nós não diremos mais, por agora, sobre esta propriedade, cuja noção achava aqui seu lugar naturalmente. Mas este objecto he assas importante para que seja necessario toma-lo de novo ao depois, e formar a materia de hum artigo separado.

Influencia da Faculdade conductora.

CLIX. Huma ultima cauza, que não deve ser omittida, influe na duração da passagem dos corpos a equilibrio thermometrico. Esta cauza he a faculdade conductora do calorico, isto he, a faculdade ou a maior ou menor promptidão com que huma mesma quantidade de calorico se propaga pelo interior dos corpos de diversa natureza. Resulta que suppondo-se dois corpos igualmente quentes, que tenhão huma mesma capacidade de calorico, mas que differem por sua faculdade conductora, e pondo-se estes corpos no meio de duas massas d'ar mais quentes ou mais frias no mesmo numero de gráos, elles empregarão tempos desiguaes em chegarem a equilibrio de temperatura seja entre si seja com o ar que os cerca, de sorte que o momento deste equilibrio se achará retardado relativamente ao corpo cuja faculdade conductora fôr menor.

CLX. Tem-se observado que os metaes são, em geral, muito bons conductores do calorico, se bem que o vidro, a rezina e outras substancias semelhantes possuem em pequeno grão a faculdade de o conduzir. O artista que sopra hum globo pela extremidade de hum tubo de vidro, tem impunemente este tubo a huma distancia assas pequena da parte que está em hum estado de incandescencia, a pezar de que seria impossivel supportar o calor que adquiriria, no mesmo cazo, hum tubo de ferro ou de outro qualquer metal. Todos sabem que hum páo de lacre, reduzido a huma pequena porção do seu comprimento, póde ser empregado para o mesmo uzo, sem exigir outra precaução mais do que deixar hum intervallo de alguns millimetros entre os dedos que o sustentão e a parte fundida. O progresso do calor, neste cazo, se estende apenas mais longe que o da fuzão, ou mesmo da inflamação.

CLXI. As mesmas cauzas que perturbão ou restabelecem o equilibrio thermometrico entre os diversos corpos incluidos em hum mesmo espaço, obrão em determinar as sensações variadas qne nós experimentamos, segundo as differentes temperaturas dos corpos que estão a nosso alcance. Huma substancia que está em contacto com nossa mão, lhe cede huma porção do seu calorico, que depende, sendo tudo igual, da razão entre as capacidades de calorico, e em occazião da sensação que resulta, nós dizemos que esta substancia está quente. Ao contrario, huma substancia que nós tocamos, e cuja temperatura

he mais baixa que a de nossa mão, lhe rouba huma porção de calorico; e na occazião da sensação que excita em nós esta privação de calorico, dizemos que esta substancia está fria. Assim a temperatura do nosso corpo he pelo que nos parece o limite do quente e do frio; mas fundamentalmente, não ha aqui mais que huma differença do mais ao menos, entre duas modeficações que nos parecem oppostas, segundo a prova dos nossos sentidos. Assim á proporção que hum limite varia, isto he; que a temperatura do nosso corpo se eleva ou se abaixa, nós julgamos fria a mesma substancia que nos tinha parecido quente em outra circunstancia, e reciprocamente.

Sabe-se tambem que nós achamos subterraneos frios durante o estio, e quentes durante o inverno. O contraste destas duas sensações provém de que a temperatura dos subterraneos de que se trata sendo quazi constante, seu gráo he intermediario entre aquelles a que corresponde a temperatura de nosso corpo nas duas estações.

II. Applicação da Thecria precedente a diversos Phenomenos.

Temos já exposto muitos factos que não parecem poderem ser explicados de huma maneira mais feliz, que pelo radiamento do calorico, na hypotese de huma materia productora do calor. Mas este objecto exige novos desenvolvimentos relativos a novas experiencias, para motivar de algum modo a admissão de hum radiamento reciproco e huma especie de commercio não interrompido do mesmo fluido, entre os diversos corpos postos em prezença huns dos outros; para mostrar como sua acção se modifica, por meio de huma simples mudança no polido e no brilho das superficies, e como em fim todos os movimentos deste agente inivsivel são descobertos pelo thermometro que lhe serve como de prova. Estes são outros tantos indicios que vão dimanar, como de si mesmo, de huma serie de phenomenos mui dignos de attenção, cuja ligação intima com os principios estabelecidos anteriormente, fará sentir ao mesmo tempo a exactidão e a fecundidade.

No numero dos sabios que tem contribuido a desenvolver a esphera dos nossos conhecimentos, relativamente a este objecto, ha dois, o Conde de Rumford e Leslie, que nós teremos principalmente occazião de citar. O primeiro se tem feito duplicadamente celebre por

huma serie de experiencias engenhozas, cujos resultados interessantes lhe asignão hum lugar distincto entre os physicos, e cujas applicações uteis o colocão entre os bemfeitores da humanidade (1). O trabalho do outro, independentemente da belleza e da variedade dos factos, he notavel pela profundidade que o author tem posto na sua maneira de estudar a marcha, e desenvolver as consequencias (2).

Existe em quazi todos os factos aos quaes estes dois physicos se conduzirão, sem estarem de ajuste, huma concordancia bem precioza em tão delicadas indagações. A divergencia não tem lugar senão em razão ás theorias que elles adoptarão, do que daremos ao depois huma idea, segundo a qual se poderáõ comparar, seja entre si, seja com a que nos tem parecido merecer a preferencia.

Apparelhos destinados ás Experiencias.

CLXII. Principiemos por fazer conhecer os principaes instrumentos empregados pelos dois physicos. Rumford imaginou hum que elle chama *thermoscopo*, e que consiste em hum tubo, de vidro AB (fig. 23) recurvado nas suas duas extremidades; cada huma das quaes acaba em fórma de bola M ou N. O interior do tubo he cheio de ar á excepção de hum pequeno espaço occupado por huma bolha d'alkool tincto de vermelho, de modo que quando a temperatura do aparelho he uniforme, a bolha deve-se achar no meio da parte AB do tubo, o qual he sustentado por hum apoio, em huma pozição horizontal. Rumford dá a esta bolha o nome de *index*.

Estando tudo neste estado, pondo-se defronte de huma das bolas, como M, hum corpo cuja temperatura seja mais elevada que a do thermoscopo, o calorico radiante que este corpo envia ao instrumento sendo mais abundante que o que elle recebe por troca, o ar contido na bola M se aquecerá, e achando-se augmentada sua elasticidade, o index será lançado para a parte occupada pela outra bola N. O contrário acontecera, se a temperatura do corpo submettido á experiencia he mais baixa que a do thermoscopo. A sensibilidade deste instrumento he

(1) Veja-se entre outras a Obra deste sabio, que se intitula: Memoires sur la chaleur, Paris, an. 13, (1804).

(2) An Experimental Inguiry into te nature and propagation of heat. Lond. 1804.

tal, que quando elle está na temperatura de 10 ou 12 gráos de Reaumur, tendo-se a mão aberta, na distancia de hum metro, ou de tres pés, de huma das bolas, o calorico emanado da mão basta para fazer correr o indez muitos millimetros do lado opposto.

Os corpos que se apprezentavão ao instrumento, nas experiencias ordinarias, erão vazos cylindricos de latão, cuja superficie era bem polida. Enchião-se, segundo as circunstancias de agoa mais ou menos quente, ou de gelo, cuja temperatura era indicada por hum thermometro prolongado nesta agoa, e dispunhão-se de modo que suas bases estavão voltadas para as bolas do thermoscopo.

CLXIII. No aparelho de Leslie, o calorico que produz os phenomenos he reflectido pela superficie de hum espelho de lata, de huma figura parabolica, ao qual o author dá o nome de *reflectente*. Os corpos d'onde emana o calorico, e que fazem a mesma função que os cylindros de que se serve Rumford, são vazos cubicos de lata, destinados tambem a conter a agoa mais ou menos quente, na qual se prolonga do mesmo modo hum termometro ordinario que faz conhecer a temperatura. Leslie deixa a huma das faces lateraes do cubo seu polido e seu esplendor. Elle colla huma folha de papel na face opposta, ou pinta esta face com o negro de fumo. A guarnição das outras duas faces varía tambem, segundo o fim a que se propõe. Coloca-se o vazo cubico a huma certa distancia do reflectente, de maneira que tendo seu centro posto sobre o eixo deste reflectente, elle volta para a sua concavidade a face que faz o objecto da experiencia.

Para medir a acção do calorico, Leslie emprega em lugar de thermoscopo descripto acima, hum thermometro particular cujo tubo he curvo na fórma da letra U, e as duas hastes deste são terminadas por duas bolas iguaes. O author dá a huma destas bolas o nome de *bola focal*, porque, nas experiencias, ella occupa sempre o foco do reflectente. Quando esta bola está quente, o ar interior, dilatando-se empurra decima para baixo huma columna de acido sulphurico tinta de vermelho com o carmim, que passa, em parte, da haste adjacente para a outra haste, aonde seu movimento he indicado por huma graduação applicada a esta ultima haste. Cada gráo da escalla tem hum millimetro de intervallo, comprehendido entre o termo da congelação e o d'agoa fervendo. O author chama este instrumento *thermometro differencial*, porque o movimento do licor nelle depende da differença de elastici-

dade entre as quantidades do ar contidas nas duas bolas, e das quaes huma he submetida á influencia do foco, posto que a outra fica na temperatura do lugar.

Entremos pois no detalhe das experiencias, remontando até áquellas que precederão aos trabalhos dos dois sabios dos quaes viemos de fallar, e procuremos reduzir a hum pequeno numero de pontos fixos esta grande diversidade de resultados que huns e outros tem offerecido.

Effeitos da reflexão do Calorico.

CLXIV. O calorico he susceptivel de soffrer huma reflexão semelhante á da luz. Nós temos já citado (145) huma experiencia de Schéel, na qual elle se servio de hum espelho concavo de metal, para provar esta propriedade do calorico. Saussure e Pictet confirmarão depois a experiencia, por meio de hum aparelho mais susceptivel de se prestar a observações variadas.

Estes dois sabios tendo encandecido huma pequena bola de ferro de 54 millimetros, ou duas polegadas de diametro, a deixarão resfriar até ao ponto de não dar mais luz, mesmo no escuro. Elles tinhão anteriormente disposto dois espelhos concavos, hum defronte do outro, a quatro metros quazi ou doze pés de distancia, puzerão a pequena bola no foco de hum, em quanto tinhão hum thermometro d'ar no foco do segundo. A camara aonde se fazia a experiencia estava exactamente fexada, e todas as precauções tinhão sido tomadas para afastar tudo quanto poderia occazionar variações accidentaes na temperatura do ar. Apenas a bola tinha sido posta em hum dos focos, o thermometro que occupava o outro, e que antes marcava 4 gráos acima de zero, começou a subir, e chegou, em seis minutos, a 14 gráos e $\frac{1}{2}$, posto que hum segundo thermometro suspendido fóra do foco, á mesma distancia não só da bola pequena como do observador, não indicou mais que seis gráos; d'onde resulta, que nesta experiencia a reflexão do calorico radiante elevava a temperatura a 8 gráos e $\frac{1}{2}$. Com o sentido de tirar tambem a suspeita de que este phenomeno fosse o effeito de huma luz imperceptivel á vista, Pictet repetio a experiencia, substituindo á bola pequena de ferro hum matras

cheio d'agoa fervendo, e o thermometro situado no outro foco indicou huma elevação de temperatura de mais de hum gráo (1).

Para explicar estes resultados, supprimamos mentalmente os espelhos; a pequena bola e o thermometro faráõ directamente entre si mudanças continuas de calorico, que, sendo de vantagem para o thermometro, elevaráõ a temperatura. Tornemos outra vez a pôr os espelhos, novas mudanças terão lugar, por cauza dos raios, que partindo de cada hum dos dois corpos hirão á superficie do espelho vizinho, e reflectidos parallelamente ao eixo para o outro espelho, convergeráõ, depois de huma segunda reflexão, para o foco deste. Ora he facil de vêr que o effeito desta dobrada reflexão junto ao que provém de mudanças directas, deve accelerar mui sensivelmente a elevação da temperatura no thermometro.

CLXV. Estas experiencias forão seguidas de outra que apprezentou hum destes factos, capazes de seduzir ao observador, se ella não dêsse tempo a que a meditação toma-se o lugar á surpreza. O apparelho tendo sido disposto como antecedentemente, pôz hum thermometro d'ar no foco de hum dos espelhos, e hum matras cheio de neve no foco do outro; no mesmo instante o thermometro desceo muitos gráos, e subio depois, logo que se retirou o matras: este tendo sido posto outra vez no foco do mesmo espelho, lançou acido sulphurico sobr a neve, e o augmento de frio que resultou fez descer o thermometro cinco ou seis gráos (2).

Este phenomeno que parece indicar, á primeira vista, huma emissão real de raios frigorificos transmittidos do matras cheio de neve para o thermometro, por via de huma duplicada reflexão feita na superficie dos espelhos, entretanto não he mais do que huma especie de inversão dos effeitos que temos já explicado, na unica consideração de calorico radiante. Sem a prezença dos espelhos já o thermometro indicava hum abaixamento notavel de temperatura, perdendo pelas trocas que elle fazia com o matras. Porém demais, se estabelece, por intermedio dos espelhos, hum grande numero de novos pontos de communicação entre o matras e o thermometro, e esta cir-

(1) Saussure Voyage dans les Alpes, n.° 926.

(2) Essais de Physique, por Pictet, Geneve, 1790, p. 81 et suiv. Achão-se tambem nesta Obra os detalhes relativos ás experiencias precedentes.

cunstancia determina huma successão de mudanças muito mais numerozas e mais rapidas do que as que terião lugar sem a intervenção dos espelhos, entre o thermometro e os corpos que o cercão, dos quaes os espelhos interceptão as acções. E como por outra parte a grande differença de temperatura faz as mudanças mui desavantajozas para o thermometro, resulta que, tudo compensado, elle deve sofrer hum resfriamento muito sensivel. Existe aqui a mesma vantagem, para diminuir o calor do thermometro, que havia para o augmentar, quando em lugar de hum corpo mais frio que elle, se punha no fo o do outro espelho hum corpo mais quente; sómente, na experiencia do matras, a emissão a mais abundante de calorico toma hum caminho opposto áquelle que ella seguia na experiencia da bola; e he esta mudança de direcção, que impoz a imaginação, offerecendo-lhe huma verdadeira reflexão de calorico, debaixo da aparencia de hum frio reflectido. (1).

Influencia do Polido e Resplendor das Superficies.

CLXVI. Temos já fallado (146) da influencia que tem o polido e o resplandor das superficies, na quantidade seja de calorico reflectido, seja do que he transmittido ou absorvido. Quando nos servimos de apparelho de Rumford, o thermoscopo fica estacionario a igual distancia entre dois cylindros igualmente polidos, os quaes tem a mesma temperatura, seja quando ella sobrepassa ao instrumento, seja quando ella lhe he inferior (2). Concebe se facilmente que isto deve acontecer, pois que as mudanças que os cylindros fazem, em cada hum dos cazos com o instrumento, sendo semelhantes, seus effeitos devem ser os mesmos em augmentar ou diminuir a elasticidade das duas massas d'ar situadas de huma e outra parte do index, de maneira que este conserva seu equilibrio.

Com tudo enegrecendo se a base de hum dos cylin-

(1) Nesta explicação assim como na precedente, nós temos feito abstracção das trocas de calorico radiante, que tem lugar directamente entre os espelhos e os corpos postos em seus focos, porque estas trocas influem sómente nas quantidades de quente ou de frio produzido pelas reflexões, e não nas disposições dos corpos em soffrer huma destas affeições antes que outra.

(2) Mém. sur la Chal. p. 43.

dros, quando a temperatura do thermoscopo he mais baixa que a dos cylindros, os quaes se suppoem sempre igualmente quentes e a igual distancia das duas bolas, o index se aproxima da bola virada para o cylindro da base polida (1). Mas se a temperatura do thermoscopo he mais elevada que a dos cylindros, o index se muda para a bola que está voltada para o cylindro negro.

Para conceber a razão desta differença, basta notar que a diminuição que teve no poder de reflectir o cylindro negro, determinou hum augmento proporcional seja no poder emissivo seja no poder absorvente (152). Porém quando os cylindros são mais quentes que o thermoscopo, a acção do poder emissivo do cylindro negro he mais favorecida pela temperatura deste cylindro, quanto a de seu poder absorvente o não he pela temperatura do thermoscopo; do que se segue que as trocas entre os cylindros e o instrumento sendo mais vantajosas para este, na parte voltada para o cylindro negro, o ar se torna no mesmo tempo mais quente e mais elastico do mesmo lado, e o index se avança para o lado opposto. Se pelo contrario a temperatura do thermoscopo he mais elevada que a dos cylindros, concebe-se que he o effeito inverso que deve ter lugar. Então o cylindro negro ganha mais nas trocas que o cylindro polido, e o index he mudado para o lado do cylindro negro, onde o ar he menos quente, em razão das perdas maiores que este instrumento faz deste mesmo lado.

CLXVII. As experiencias de Leslie o conduzirão a resultados analogos. Este sabio tendo enchido d'agua fervendo o vazo cubico de lata de que ja fallamos (163), o dispôs de modo que a face negra estava voltada para o reflectente. Logo o thermometro differencial subio a 100.° A face brilhante foi depois voltada para o reflectente; o thermometro differencial desceo rapidamente a 12° (2).

CLXVIII. As observações precedentes fazem evidente a cauza de hum facto observado ha longo tempo; a saber, que os vestidos negros são quentes ao sol do estio, se bem que elles estão bem longe de o ser á sombra, sobre tudo em hum tempo frio. Porque vestidos de preto, quando nos achamos expostos ao sol, nosso corpo está quazi no mesmo cazo que o cylindro negro, defronte de hum thermoscopo mais quente que elle, e cuja presen-

(1) Mem. sur la Chal, p. 44.
(2) An Inquiry, etc., pp. 17 et 18.

ça faz subir mais a temperatura deste cylindro, do que se elle fosse polido. Ao contrario, estamos nós expostos á sombra, sobre tudo se a temperatura do ar he mais baixa que a da pele? Nós experimentamos hum effeito analogo ao do cylindro negro, defronte de hum thermoscopo mais frio que elle, e com o qual elle faz trocas mais desavantajosas, que se elle fosse liso e brilhante.

Sabe-se que as superficies brancas, sendo igualmente polidas, reflectem mais luz que as que são coradas. Assim, applicando-se á brancura a analogia que existe além disto entre a reflexão do calorico e a da luz, e ráciocinando das mesmas superficies, quazi como das bases do cylindro que tem conservado seu brilhante metallico, concluir-se-há que durante o inverno, os vestidos brancos devem ser mais quentes que os outros, o que concorda com hum facto já conhecido pela experiencia; a saber, que estes mesmos vestidos são os mais frescos que se pódem trazer no estio, principalmente quando se está exposto aos ardores do sol (1).

Influencia das differentes Naturezas das Substancias.

CLXIX. A diversidade de natureza entre as substancias influe tambem na quantidade do raiamento pela reflexão e sobre a do calorico absorvido. Schéel tinha já observado que quando se appresentava a hum effluvio de calorico hum espelho de vidro, em lugar de hum espelho metallico, retinha-se, ao menos em grande parte, o calorico, sem poder escapar-se pela reflexão (2). Leslie tendo coberto com papel de escrever huma das faces do vazo cubico de seu apparelho, e outra com huma lamina de vidro commum, o effeito do thermometro differencial, que não era mais que de 12°, como já dissemos (167), quando o vazo voltava sua face livre para o reflectente, subia a 89° pela influencia da face coberta de papel, e a 90° pela da face coberta com vidro (3). A disposição do papel a reflectir o calorico sendo muito menor que a do metal, seu poder emissivo que variava em sentido op-

(1) Mem. sur la Chaleur, pp. 125 e 126.
(2) Traité chimique de l' air et du feu, Paris, 1781, pp. 121 e 125.
(3) An Inquiry, etc., pp. 17 e 18.

posto, fazia crescer d'outro tanto a quantidade de calorico que o reflectente recebia do papel, e que de lá raiava para a bola focal. D'outra parte, o vidro cujo poder reflectente pouco excedia o do papel, e era muito inferior ao de metal, obrava por emissão hum pouco menos que o primeiro e muito mais que o segundo.

CLXX. Conceberse-há, segundo os mesmos principios, porque o thermometro differencial não indica senão hum ligeiro effeito, quando se cobre a bola focal com huma folha de estanho, e isto no cazo em que a superficie negra do vaso cubico está voltada para o reflectente. O effeito não he quazi mais sensivel, que quando estando a bola nua, se substitue ao reflectente metallico hum espelho concavo de vidro (1). Nesta ultima circunstancia a maior parte do calorico que o vaso cubico lança para o vidro sendo absorvido por este, he perdido pelo thermometro differencial.

CLXXI. Leslie imaginou hum modo vizivel de fazer contrastar os resultados das experiencias precedentes. Toma duas laminas de vidro, e colla huma folha de estanho a huma das faces de cada huma dellas. Elle as applica huma sobre a outra de sorte que as faces estanhadas estavão em contacto, e as dispoz verticalmente, como hum para fogo, entre o vazo cubico cheio d'agoa quente e o thermometro differencial. No fim de hum instante, este instrumento indica 18° de calor adquirido. O author volta depois as duas laminas de vidro, de modo que as duas faces estanhadas se achem voltadas para fora. O licor do thermometro desce logo abaixo da escalla (2). Neste segundo cazo, a folha que está voltada para o vaso cubico, repelle, pela reflexão, huma grande parte de calorico, que ella recebe; a outra parte passa as laminas de vidro e ahi fica quazi toda em estado de calorico sensivel, seja em consequencia da natureza do mesmo vidro, seja porque a folha de estanho que está do lado opposto tem hum poder de reflectir tal, que deixa pouca acção ao poder emissivo, de sorte que todo o calorico que sahio do vaso cubico he quazi perdido pelo espelho. Mas quando as faces estanhadas estão em contacto, o calorico lançado pelo vaso cubico, depois de se introduzir na lamina de vidro que está voltada para este vazo, se espalha pelas folhas de estanho, por meio da

(1) An Inquiry. p. 19 e 20.
(2) An Inquiry, p. 35.

communicação que se faz pelo contacto, e finalmente penetra a segunda lamina de vidro, d'onde elle se escapa em assás quantidade para produzir, por via do reflectente, huma acção mui sensivel no thermometro differencial.

Circunstancia notavel em que o Thermoscopo fica estacionario.

CLXXII. Hum thermoscopo posto a igual distancia entre dois corpos semelhantes, fica estacionario, quando sua temperatura he media entre as temperaturas destes corpos. Nesta experiencia, huma das mais notaveis que fez Rumford, dois cylindros das mesmas dimensões sendo postos de huma e outra parte de huma bola do thermoscopo, de modo que elles voltassem suas bases para os dois pontos oppostos desta bola, a temperatura do thermoscopo assim como a do ar ambiente, sendo, por exemplo, mais baixa 30° que a de hum dos cylindros, e mais alta do mesmo numero de gráos que a do outro cylindro, o index se demorará sem movimento, entre os dois cylindros cujas temperaturas com tudo varião continuamente approximando-se da igualdade (1).

Para perceber-se a razão deste effeito singular, he precizo logo considerar que a razão he a mesma entre as capacidades de calorico do thermoscopo e de hum dos dois cylindros, da mesma fórma que entre os poderes de reflectir, pois que os cylindros são semelhantes na sua natureza, na sua fórma, e no seu polido. Ora as quantidades de calorico que o thermoscopo recebe de cada cylindro e lhe envia, dependem não só desta razão como tambem do numero de gráos em que a temperatura de cada cylindro excede a do instrumento ou lhe he inferior; por tanto, pois que este numero he tambem o mesmo de huma e outra parte, resulta que se o thermoscopo recebe do corpo quente, em hum instante dado, mil particulas por dez que lhe envia, enviará mil ao cylindro frio por dez que delle receber. Assim o thermoscopo recuperando continuamente de hum lado o que perde pelo outro, conservará constantemente sua temperatura; as mudanças entre os dois cylindros se farão, por assim dizer, sem se saber, por sua via (2).

---

(1) Mem. sur la Chaleur, p. 57.
(2) M. de Rumford tinha tido a precaução de dispor os

CLXXIII. Agora enegrecendo-se os dois cylindros, as temperaturas sendo as mesmas, o index ficará tambem immovel. Porque tanta perda que faz cada cylindro de seu brilho nelle diminue o poder de reflectir, tanto ella augmenta o poder emissivo e ao mesmo tempo o poder absorvente. Disto se segue que se o cylindro quente lança de seu interior, para o thermoscopo, duzentos raios de mais, por exemplo, no primeiro instante, que quando elle era polido, e que elle receba do thermoscopo, quatro raios de mais pela absorpção, o thermoscopo lançará para o corpo frio duzentos raios de mais para serem absorvidos, e receberá quatro de mais, pela emanação do interior. Logo sendo tudo compensado, o equilibrio subsistirá.

Leis do Resfriamento dos corpos em geral, e da Propagação do Calor por intermedio dos corpos solidos.

CLXXIV. Dividindo-se em muitos instantes iguaes, como em minutos, o intervallo de tempo que hum corpo emprega em resfriar-se de hum numero dado de gráos, e tomando-se successivamente numeros de minutos que, partindo da origem do resfriamento, formem huma progressão arithmetica, as differenças correspondentes entre a temperatura do corpo e a da athmosfera ambiente estão em progressão geometrica. Esta lei foi indicada por Newton na sua memoria que tem por titulo: *Escalla dos gráos de calor e de frio* (1). Para que ella exista, basta, assim como notou Prevost (2), que em cada instante hum corpo, que se imagina posto em hum espaço absolutamente frio, perca, pelo raiamento, huma parte do seu calorico interno, que tem sempre a mesma razão com o que lhe resta. Por exemplo, se no primeiro instante elle perde $\frac{1}{10}$ de todo o seu calor, será precizo que no segundo instante, elle perca $\frac{1}{10}$ dos $\frac{9}{10}$ que lhe restão, e assim por

---

paras-fogo de huma maneira conveniente, para perseverar a bola opposta á que estava em experiencia, da acção dos corpos appresentados a esta, e de toda a influencia estranha.

(1) Transact. Philos., avril, 1701, nº 2. Newtonis Opusc., t, 2, p. 419.

(2) Recherches physico-mécan. sur la Chaleur, p. 23.

diante. E se o corpo, em lugar de estar em hum espaço sem calor, se acha posto em hum meio menos quente que elle, mas renovado sem interrupção, de modo que conserve constantemente sua temperatura, a mesma lei terá lugar para o excesso de calor do corpo de que se trata, sobre a temperatura do meio ambiente. Porque como a porção de calor do corpo iguala ao calor do meio, troca com este quantidades iguaes, o corpo está no mesmo cazo, que se elle occupasse hum espaço frio, com hum calor medido pela differença entre sua verdadeira temperatura e a do meio no qual está posto.

Krafft e Richemann tinhão já demonstrado esta lei por experiencias directas (1). Rumford confirmou depois a existencia, por meio de hum apparelho mui simples, que consiste em hum vaso cylindrico de latão, guarnecido exteriormente com huma capa propria a conter o calor. Enchia-se o vaso d'agoa quente, na qual estava metido hum thermometro de mercurio. A marcha do resfriamento comparada á da duração dos tempos correspondentes fez reconhecer esta lei, da qual temos fallado, e que se pode representar por hum logarithmo, como fez Rumford (2).

CLXXV. A mesma lei, reproduzida debaixo de outra fórma, na propagação do calor, por intermedio dos corpos solidos, forneceo, mais recentemente ao celebre Biot, huma nova applicação de analyse arithmetica para a Physica. Eis-aqui em que consiste o apparelho que elle empregou.

Supponhamos huma barra metallica posta em communicação com hum manancial constante de calor, tal como hum vaso cheio de agoa quente ou de chumbo fundido, do qual se entretem a temperatura no mesmo grão. O calor que he bastante nesta origem se communicará, de proximo em proximo, ás differentes partes da barra, e considerando-se o estado de hum ponto qualquer, durante esta communicação, deve-se conceber que este ponto recebe do que o precede huma certa quantidade de calorico do qual elle communica huma parte ao ponto seguinte, posto que outra parte se dissipa no ar, seja pelo contacto immediato deste fluido, seja pelo raiamento. Em quanto a perda devida a estas duas cauzas he menor que a quantidade de calorico recebida, a temperatura dos differentes pontos da barra se eleva con-

(1) Nova Commentaria Acad. Petrop, t. I. p. 193.
(2) Mém sur la Chaleur, p. 12.

tinuamente, e he facil de julgar que ella he mais alta nos pontos mais proximos do manancial, e mais baixa nos que estão mais distantes, de modo que ella fórma huma serie de termos decrescentes, partindo da extremidade prolongada no manancial do calor para a extremidade opposta. Ora, á medida que cada ponto se aquece, sua disposição para receber novo calorico diminue, e ao mesmo tempo a quantidade de calorico que elle perde a cada instante, differe sempre menos da que elle recebe, e quando as duas quantidades se tornão iguaes, a communicação acaba, e o equilibrio se acha estabelecido.

A este termo, tomando-se sobre a barra metallica huma serie de pontos, cujas distancias da origem do calor formem huma progressão arithmetica, os excessos das temperaturas correspondentes acima da do ar ambiente estão em progressão geometrica (1).

Para determinar esta lei pela observação, tinhão-se feito na barra metallica buracos distantes huns dos outros quatro decimetros. Estes buracos que se enchem depois de mercurio, recebem thermometros cada hum dos quaes indicava a temperatura do ponto a que correspondia. Tinha-se tido o cuidado de entreter huma corrente de ar no lugar da experiencia, e tambem de observar as variações de temperatura que podião sobrevir. Tal era o comprimento da barra submettida á experiencia, que quando ella tinha chegado ao estado de equilibrio, os seus pontos mais distantes do manancial do calor não tinhão sensivelmente experimentado a influencia, de sorte que sua temperatura era quasi a mesma que a do ar ambiente. Ora tomando de huma parte as differenças entre as temperaturas dos diversos thermometros e a do ar, e d'outra parte, as distancias entre os mesmos thermometros, e a origem do calor, achava-se que humas e outras seguião huma razão conforme á lei que temos indicado.

CLXXVI. O sabio author destas experiencias fez o objecto de hum problema do qual elle procurou a solução pela theoria. Elle partio do principio, que quando dois corpos de temperaturas differentes são postos em contacto, a porção de calor que o mais quente communica ao mais frio, em hum curto espaço de tempo, he proporcional á sua differença de temperatura. Combinando este principio com as diversas quantidades que entrão como

(1) Vê-se facilmente que a primeira progressão he crescente, posto que a segunda he decrescente.

elementos na maneira como o calor se propaga, chegou a huma lei representada por hum logarithmico cujas abscissas se reportarião ás distancias successivas entre os differentes pontos da barra e o foco commum, e as ordenadas aos excessos das temperaturas dos mesmos pontos sobre a do ar ambiente. Os resultados deduzidos desta lei, por via do calculo, tem offerecido huma conformidade satisfatoria com os que a observação tinha dado immediatamente.

Influencia de certos indutos em fazer variar os progressos do Resfriamento.

CLXXVII. Applicando-se á superficie de hum corpo hum induto de natureza differente, e depois se aquece este corpo, he visivel que a presença do induto poderá influir mais ou menos no progresso do resfriamento que experimentar este corpo. Rumford fez relativamente a este objecto, huma destas experiencias que são tanto interessantes quanto ellas dão o limite dos phenomenos. Tendo tomado hum vaso cylindrico de metal, cuja superficie era polida e brilhante, o encheo d'agoa quente, e observou os progressos do resfriamento. Estendeo depois na superficie do cylindro huma simples camada de verniz que elle deixou seccar antes de encher de novo o cylindro; e quando o fez, notou huma acceleração no resfriamento. Accrescentou huma segunda camada, e quando seccou, repetio a experiencia; o resfriamento logo foi mais rapido que a primeira vez; duas outras camadas o accelerarão ainda; mas esta acceleração tinha lugar por differenças decrescentes, e quando se juntarão quatro outras camadas, o que fazia oito ao total, o resfriamento se moderou, ainda que sempre mais prompto que quando a superficie do metal estava descoberta (1).

Eis-aqui como se póde explicar este phenomeno. O verniz estendido na superficie do cylindro o faz menos reflectente, enfraquecendo seu polido e seu brilhante, e porque o poder emissivo cresce a proporção, huma parte do calorico que o vaso retinha antes no seu interior se escapa pelo raiamento, o que favorece o progresso do resfriamento. Mas outra cauza contribue para este resfriamento; a saber, a perda que o cylindro faz do seu calorico, por meio da sua communicação immediata com o

(1) Mém. sur la Chaleur, p. 20.

ar ambiente; e a facilidade com que este effeito se opéra, depende da faculdade conductora do calorico. Ora como o verniz, que participa da natureza das substancias resinosas, possue esta qualidade em hum grão muito menos notavel que o cylindro, que he hum corpo methallico, sua prezença, ao mesmo tempo que enfraquece a faculdade conductora deste, diminue sua disposição a ceder o seu calorico ao ar em contacto com elle, e isto tanto mais quanto o induto se torna mais espesso. D'outra parte, a causa que accelera o resfriamento, isto he, a diminuição do polido, fica quazi a mesma, á medida que se applicão novas camadas, se bem que o effeito da cauza retardatriz, isto he, o enfraquecimento da faculdade conductora do calorico, vai sempre em augmento, de sorte que este effeito, depois contrabalançando cada vez mais o da outra causa, acaba por se tornar preponderante; e então a perda que o cylindro faz pelo raiamento sendo mais que compensada pela circunstancia de huma communicação mais dificil, o resfriamento, depois de ter sofrido huma acceleração que se tornava sempre menos sensivel em cada experiencia, toma huma marcha retrogada e se enfraquece.

Influencia da agitação do ar na duração do Resfriamento.

CLXXVIII. Leslie, pondo o phenomeno em circunstancias differentes, chegou a hum resultado não menos curioso. Elle tinha notado que o movimento mais ou menos rapido do ar ambiente tinha huma influencia mui notavel em fazer variar os progressos do resfriamento, e que esta influencia dependia muito das qualidades e do polido das superficies. Depois desta observação, toma dois globos ocos de metal, d'hum igual diametro, dos quaes hum tinha seu brilhante natural, e o outro estava coberto de huma camada de negro de fumo. Elle os encheo d'agoa quente, e os expoz no ar livre á acção do vento. Tinha escolhido o fim da tarde para fazer esta experiencia, porque neste instante a luz que nos vem do Ceo sendo mui fraca, o calor que acompanha sempre este fluido não póde ter senão hum effeito insensivel em modificar os resultados. A temperatura da agoa contida nos dois globos, indicada por thermometros que nella se tinhão prolongado, era no principio da experiencia, mais alta 20° que a da athmosfera, e observou com cuidado o tempo

que cada globo gastava a resfriar-se, até que a differença fosse diminuida de anetade, de sorte que a temperatura tivese abaixado 10°: a hum simples vento fresco, o tempo foi de 44' para o globo brilhante e de 35' para o globo negro; a hum norte assás forte, os tempos forão de 23' e de 20' $\frac{1}{4}$; a hum vento violento, forão de 9' $\frac{1}{2}$ e 9' (1). Assim de huma parte, os tempos do resfriamento diminuião à medida que o ar era mais agitado, e da outra parte sua razão se approximava cada vez mais de seu limite, que era a unidade.

A cauza deste phenomeno depende da differença entre as faculdades conductoras exercidas pelo metal e pelo negro do fumo, junta á que existe entre os poderes emissivos de hum e de outro. O primeiro possue a faculdade conductora a hum mais alto grão, d'onde se segue, que sendo tudo igual, o globo cuja superficie he brilhante tende a communicar mais calorico ao ar pelo simples contacto, do que o globo cuja superficie he negra. Mas o excesso da perda que resulta para o globo brilhante, he muito menos sensivel em hum ar tranquillo, porque o ar tem pouca disposição por si mesmo a receber e a propagar o calorico; d'outra parte, o mesmo globo cujo poder emissivo he fraco, não abandona senão com muito vagar seu calorico pelo raiamento, e a especie de economia que resulta se torna então predominante, para fazer o resfriamento deste globo mas tardio que o do globo negro, que se presta, na verdade, com mais dificuldade á communicação pelo contacto, mas que, ao mesmo tempo, exerce com muito mais energia seu poder emissivo.

Tudo succede de outro modo, quando o ar sendo agitado, renova continuamente seus pontos de contacto com as superficies dos dois globos, sobre tudo se o renovamento he rapido. Neste cazo, o effeito da faculdade conductora do globo brilhante experimenta da sua parte huma acceleração, que hindo sempre crescendo com a agitação do ar, conduz por gráos as velocidades relativas do resfriamento a hum termo mui visinho da igualdade.

---

(1) An Inquiry, etc., p. 271.

Exposto succinto das Theorias de Rumford e Leslie.

CLXXIX. Os sabios celebres, cuja sagacidade e industria na arte de examinar a natureza os tem conduzido á descoberta dos factos que acabão de ser expostos, olhão a theoria, assim como nós já o temos annunciado, debaixo de pontos de vista totalmente differentes. O calor, segundo Rumford, não he o resultado da acção de hum fluido, mas de hum movimento vibratorio, que agita as moleculas de todos os corpos, e cuja velocidade he mais ou menos accelerada, segundo as circunstancias (1).

Estes movimentos se communicão, a distancia, por intermedio do ether, isto he, de hum fluido mui subtil, eminentemente elastico, que penetra todos os corpos, e enche todo o espaço intermediario. As vibrações que affectão as moleculas dos mesmos corpos, excitão no ether undulações analogas ás que os corpos sonoros fazem nascer no ar, e que susceptiveis de se propagarem em todas as direções, produzem mudanças de temperatura que perturbão ou restabelecem o equilibrio athmospherico entre os corpos postos na esphera d'estas undulações. Se hum corpo quente se acha em presença de hum corpo frio, as vibrações mais rapidas das moleculas do primeiro, transmittidas pelo ether ás do segundo, accelerão suas vibrações, e por hum effeito contrario, as vibrações mais lentas das moleculas do corpo frio, ás quaes o ether serve tambem de vehiculo, moderão as vibrações das moleculas do corpo quente; e as temperaturas chegão á igualdade, quando as vibrações de huma e outra parte se tornão isochronas.

O author, para se ligar á linguagem recebida, dá o nome de *raios* aos movimentos rectilineos por via dos quaes as vibrações se propagão, e chama *raios calorificos* os movimentos cuja acção he acceleratriz, e *raios frigorificos* os

---

(1) Entre as difficuldades que M. Rumford oppõe á existencia d'hum fluido calorifico, huma das mais concludentes, na opinião deste celebre physico, que he a que se tira da grande quantidade de calor que desenvolve a compressão dos metaes, tem sido solidamente resolvida por Bertholet, Statique chimique, t. I, p. 247 e segt.

vercem huma acção retardatriz. Segue-se disto que mos raios que são calorificos, hindo de hum corpo para hum corpo frio, pódem tornar-se frigorindo do primeiro corpo para outro que fosse mais

As expressões de *calorifico* e de *frigorifico* não der tomadas em hum sentido absoluto, mas são reaos differentes estados dos corpos que servem como sujeitos aos movimentos excitados pelas vibrações.

Na mesma hipothese, o augmento ou a diminuição de volume que padece hum corpo, á medida que elle se aquece ou se esfria, provém de que o espaço que correm suas moleculas, e que mede a extensão das vibrações, cresce ou diminue ao mesmo tempo que a velocidade, de sorte que o volume que he determinado pela reunião dos espaços corridos se dilata ou se encolhe á proporção.

CLXXX. Leslie, vê pelo contrario nos phenomenos provas irrecusaveis da existencia de huma materia productora do calor (1), susceptivel de dilatar os corpos, e de elevar a temperatura. Não admitte a theoria do calorico raiante (2), e pensa que he o ar que serve de vehiculo ao calor, ou de meio de communicação entre os corpos que obrão huns sobre os outros, em razão de sua diversa temperatura. As particulas do ar vizinhas d'huma superficie quente sendo subitamente aquecidas, adquirem huma força expansiva, cuja acção se propaga por huma especie de movimento undulatorio. O mesmo effeito se repete a cada instante, e a massa do ar adjacente ao corpo quente, sem ser sensivelmente dislocada, experimenta unicamente huma ligeira fluctuação, a favor da qual o calor he transportado da mesma maneira que o som. O author explica a acção contraria das superficies frias, suppondo que então o ar vizinho experimenta hum movimento de contracção que produz hum abaixamento de temperatura (3).

Para dar a razão da variedade que existe entre os corpos, relativamente ao poder de transmittir o calor, Leslie, depois de ter notado que não existe contacto immediato na natureza, pensa que o intervallo que separa a superficie de cada corpo da massa do ar vizinho, augmenta ou diminue segundo as differentes qualidades do corpo. Mais pequeno he este intervallo; não só mais rapidos são as especies de pulsações que o ar padece, como ad-

(1) An Inquiry, p. 27.
(2) Ilid. p. 43.
(3) Ibid. p. 222.

Exposto succinto das Theorias de Rumford e Leslie.

CLXXIX. Os sabios celebres, cuja sagacidade e tria na arte de examinar a natureza os tem condu descoberta dos factos que acabão de ser expostos, a theoria, assim como nós já o temos annunciado, baixo de pontos de vista totalmente differentes. O calor, segundo Rumford, não he o resultado da acção de hum fluido, mas de hum movimento vibratorio, que agita as moleculas de todos os corpos, e cuja velocidade he mais ou menos accelerada, segundo as circunstancias (1).

Estes movimentos se communicão, a distancia, por intermedio do ether, isto he, de hum fluido mui subtil, eminentemente elastico, que penetra todos os corpos, e enche todo o espaço intermediario. As vibrações que affectão as moleculas dos mesmos corpos, excitão no ether undulações analogas ás que os corpos sonoros fazem nascer no ar, e que susceptiveis de se propagarem em todas as direções, produzem mudanças de temperatura que perturbão ou restabelecem o equilibrio athmospherico entre os corpos postos na esphera d'estas undulações. Se hum corpo quente se acha em presença de hum corpo frio, as vibrações mais rapidas das moleculas do primeiro, transmittidas pelo ether ás do segundo, accelerão suas vibrações, e por hum effeito contrario, as vibrações mais lentas das moleculas do corpo frio, ás quaes o ether serve tambem de vehiculo, moderão as vibrações das moleculas do corpo quente; e as temperaturas chegão á igualdade, quando as vibrações de huma e outra parte se tornão isochronas.

O author, para se ligar á linguagem recebida, dá o nome de *raios* aos movimentos rectilineos por via dos quaes as vibrações se propagão, e chama *raios calorificos* os movimentos cuja acção he acceleratriz, e *raios frigorificos* os

---

(1) Entre as difficuldades que M. Rumford oppõe á existencia d'hum fluido calorifico, huma das mais concludentes, na opinião deste celebre physico, que he a que se tira da grande quantidade de calor que desenvolve a compressão dos metaes, tem sido solidamente resolvida por Bertholet, Statique chimique, t. I, p. 247 e segt.

que exercem huma acção retardatriz. Segue-se disto que os mesmos raios que são calorificos, hindo de hum corpo quente para hum corpo frio, pódem tornar-se frigorificos hindo do primeiro corpo para outro que fosse mais quente. As expressões de *calorifico* e de *frigorifico* não devem ser tomadas em hum sentido absoluto, mas são relativas aos differentes estados dos corpos que servem como de sujeitos aos movimentos excitados pelas vibrações.

Na mesma hipothese, o augmento ou a diminuição de volume que padece hum corpo, á medida que elle se aquece ou se esfria, provém de que o espaço que correm suas moleculas, e que mede a extensão das vibrações, cresce ou diminue ao mesmo tempo que a velocidade, de sorte que o volume que he determinado pela reunião dos espaços corridos se dilata ou se encolhe á proporção.

CLXXX. Leslie, vê pelo contrario nos phenomenos provas irrecusaveis da existencia de huma materia productora do calor (1), susceptivel de dilatar os corpos, e de elevar a temperatura. Não admitte a theoria do calorico raiante (2), e pensa que he o ar que serve de vehiculo ao calor, ou de meio de communicação entre os corpos que obrão huns sobre os outros, em razão de sua diversa temperatura. As particulas do ar vizinhas d'huma superficie quente sendo subitamente aquecidas, adquirem huma força expansiva, cuja acção se propaga por huma especie de movimento undulatorio. O mesmo effeito se repete a cada instante, e a massa do ar adjacente ao corpo quente, sem ser sensivelmente dislocada, experimenta unicamente huma ligeira fluctuação, a favor da qual o calor he transportado da mesma maneira que o som. O author explica a acção contraria das superficies frias, suppondo que então o ar vizinho experimenta hum movimento de contracção que produz hum abaixamento de temperatura (3).

Para dar a razão da variedade que existe entre os corpos, relativamente ao poder de transmittir o calor, Leslie, depois de ter notado que não existe contacto immediato na natureza, pensa que o intervallo que separa a superficie de cada corpo da massa do ar vizinho, augmenta ou diminue segundo as differentes qualidades do corpo. Mais pequeno he este intervallo; não só mais rapidos são as especies de pulsações que o ar padece, como ad-

(1) An Inquiry, p. 27.
(2) Ilid. p. 43.
(3) Ibid. p. 222.

quirem energia em operar a descarga de hum corpo quente. Desta fórma, deve-se conceber que a distancia entre o ar e o vidro he menor que entre o mesmo ar e hum metal polido, e daqui vem que a superficie do vidro obrando sobre o ar por huma impressão mais viva do que a que provém da superficie de hum metal polido, a descarga se faz tambem mais promptamente e com mais energia, por intermedio da superficie metallica (1). Vem a raiar este e a fazer-se desigual, esta mudança de estado produz entre o ar e as partes salientes da mesma superficie huma approximação mais exacta que a que tinha lugar antes, e a acceleração que resulta no movimento do fluido ambiente determina huma acceleração na mesma descarga (2).

CLXXXI. As theorias das quaes acabamos de fazer o esboço differem igualmente, seja huma da outra, seja da que nós temos adoptado. Cada hum dos dois authores olha a sua como huma consequencia immediata e nescessaria dos factos. Mas se he verdade dizer que, no estado actual dos nossos conhecimentos, nada he mais susceptivel de ser aqui demonstrado que os mesmos factos, o que he já huma grande vantagem, e se, na ignorancia em que nós estamos sobre a verdadeira natureza e sobre o modo de obrar do calor, devesse preferir a hipotese que offerecer ao espirito concepções mais claras, e que se accomodar mais facilmente, somos conduzidos a crer que temos mui bem escolhido. O duplicado raiamento do calorico por emissão, e as trocas reaes que resultão entre os corpos tem alguma couza de mais intelligivel que as acções reciprocas dos raios calorificos e frigorificos admittidos por Rumford. Na passagem ao estado de equilibrio, entre hum corpo quente e hum corpo frio, a acceleração que se produz nas moleculas deste corpo he produzida pela combinação de hum movimento mais rapido, isto he, o que o ether recebeo do corpo quente, com hum movimento menos rapido, isto he, o das moleculas do corpo frio; e a diminuição de velocidade que tem lugar nas vibrações das moleculas do corpo quente depende de huma combinação, cujos elementos são os mesmos, á excepção de que o movimento menos rapido he o do ether. Para que a explicação não deixasse nada a desejar, faltaria conciliar aqui a diversidade dos effeitos com a similitude das causas.

---

(1) An Inquiry, p. 247.
(2) Ibid. p. 249.

Na hypothese do sabio phisico inglez, ha apenas a fazer-se huma justa idea do modo como o calor, que he o effeito de hum fluido real, se propaga por meio de vibrações communicadas a outro fluido, que he o ar athmosferico, e póde ser que o author não se exprima sobre este objecto com toda aquella clareza que se dezejaria. Sabe-se por outra parte que aonde existe hum corpo mais quente que o ar, se fórmão duas correntes deste fluido, das quaes huma reflue para as partes superiores do lugar, ao mesmo tempo que a outra succede para baixo para substituir a primeira. Ora, a pezar de que o calor, se espalha debaixo para cima por via deste duplicado movimento do ar, elle se propaga em linha recta, em todas as direcções (144), e esta complicação que em nada he favoravel á theoria de Leslie, não tem mais nada que a embaraçe, se se suppõe que o calor ascendente seja devido á communicação pelo contacto, e que aquelle que se espalha em todos os sentidos seja o effeito do raiamento. A propagação do calor no vacuo não he menos difficil a conciliar com a mesma opinião.

Em fim, quando se considera que o poder de reverberar do calorico, sem o abserver, augmenta ou dimnue em geral com o polido das superficies, está como intranhado pela idea de que elle he o agente que produz este effeito, como da luz que se reflecte em mais abundancia sobre as superficies bem polidas e brilhantes. As numerosas analogias que existem entre dois entes que muitos physicos olhão mesmo como identicos, sollicitão para hum e outro huma theoria semelhante; e a da luz olhada, depois de Newton, como hum fluido raiante, he tão satisfatoria, que ella parece fazer ao mesmo tempo por servir como de typo á explicação desta bella serie de phenomenos que Leslie e Rumford nos tem descoberto.

III. Do Calorico especifico.

CLXXXII. Não temos algum meio de avaluar a quantidade absoluta de calorico que contém hum corpo; não podemos mesmo, no estado actuál da Physica, determinar as relações entre as quantidades absolutas do calorico dos differentes corpos, assim como determinamos as que existem entre as densidades destes corpos, ainda que não haja algum cuja densidade absoluta nos seja conhecida. Somos por tanto reduzidos a comparar entre si as addições do calorico recebidas por diversos corpos cuja temperatura se elevou a hum certo numero de gráos.

CLXXXIII. Para fazermos huma idea dos resultados que se obtem, por meio desta comparação, concebamos que se misturão juntamente hum kilogrammo, ou duas libras d'agoa na temperatura de 34 gráos acima de zero, com hum kilogrammo de mercurio na temperatura de zero; a agoa cederá ao mercurio huma porção do seu calorico, até que elle se equilibre, isto he, que a temperatura das differentes partes da mistura cheguem á uniformidade; ora, neste termo, hum thermometro prolongado na mistura, indicaria huma temperatura de 33 gráos. Concluiremos que a agoa perdeo a quantidade de calorico necessaria para elevar sua temperatura hum gráo, e que esta mesma quantidade de calorico he capaz de elevar a 33 gráos a temperatura do mercurio; do que se segue que a quantidade preciza para elevar esta a hum gráo, não he mais que a $\frac{1}{33}$ da que produziria o mesmo effeito relativamente á agoa. Entretanto esta ultima consequencia parte da supposição tacita, que não he inteiramente exacta, que a porção de calorico recebida por hum corpo cuja temperatura sobe hum gráo, seja constantemente a mesma, qualquer que for o lugar que occupe este gráo na escalla do thermometro.

CLXXXIV. Tem-se chamado caloricos *especificos*, estas quantidades de calorico capazes de produzir em corpos iguaes em massa, elevações iguaes de temperatura, tomando hum gráo do thermometro por termo de comparação. Ellas dependem da capacidade de calorico dos differentes corpos, e poder-se-hia dizer que elles são, quasi, relativamente a este, o mesmo que são os pezos especificos relativamente ao pezo.

CLXXXV. Segue-se disto que as quantidades de calorico de que se trata, se compõe da parte que obra como calorico sensivel, e da que faz a função de calorico latente. A experiencia não separa estas duas partes huma da outra, e desta maneira, quando se diffine o calorico especifico, aquelle que he empregado em elevar a temperatura dos corpos a hum numero dado de gráos, deve-se subintender, na difinição, a parte que não intervem senão para produzir a dilatação, sendo este effeito huma condição ligada á elevação da temperatura.

No exemplo que citamos, representando-se pela unidade a quantidade de calorico capaz de fazer subir hum gráo a temperatura d'agoa commum, terse-há pela quan-

tidade de calorico correspondente, relativamente ao mercurio, 0,0303, e poder-se-hà desta maneira, determinar em unidades e em partes de unidade os caloricos especificos dos differentes corpos repportados ao d'agoa, que servirá aqui de medida commum, como na comparação das densidades.

Do Calorimetro.

CLXXXVI. O methodo de Crawford e de muitos outros phisicos, para determinar o calorico especifico relativo ás differentes substancias, era semelhante ao que exposemos (283), tomando a agoa e o mercurio por objectos de comparação; attendia-se então ao calorico especifico particular do vaso que servia na experiencia, e conduzia-se o resultado á hypothese em que sua influencia fosse nulla. Mas tinha faltado meter em linha de conta o calorico roubado pelo ar, e pelos outros corpos ambientes, e, além disto, era muitas vezes difficil de se assegurar se todas as partes da mistura tinhão a mesma temperatura. Estes inconvenientes desaparecem no calorimetro imaginado por Lavoisier e Laplace, e que reune ao merecimento da exactidão, o de ser só applicavel aos cazos em que as substancias exercem huma acção chimica humas sobre as outras.

CLXXXVII. O uso deste instrumento he fundado sobre huma observação a qual nos limitamos aqui a indicar, para depois tornarmos a ella, quando se appresentar o seu verdadeiro lugar. Consiste em que, misturando-se huma massa d'agoa quente a 60° de Reaumur, com huma massa igual de gelo, a totalidade, depois do gelo se fundir, se achará na temperatura de zero, isto he, na que tinha o gelo antes da experiencia. Neste cazo, a quantidade de calorico que eleva a temperatura d'agoa liquida, e da qual o gelo se aposson ao passo que se fundia, está occulta de tal modo, que não tem acção no thermometro.

Resulta do que vem de sedizer, que esta mesma quantidade de calorico necessaria para fundir, por exemplo, hum kilogrammo de gelo, he justamente a medida da que seria capaz de elevar a temperatura de hum kilogrammo d'agoa, de zero a 60°. Logo se hum kilogrammo de qualquer outra substancia não funde mais que hum meio-kilogrammo de gelo, passando da temperatura de 60° á de zero, concluiremos que seu calor especifico está pa-

ra o da agoa, como $\frac{1}{2}$ ou o, 5 está para a unidade. Se ella não funde mais que hum quarto do kilogrammo, a razão será a de o, 25 para 1; e desta fórma a unidade, no caso de que aqui se trata, representará a quantidade de calorico, que relativamente a hum kilogrammo d'agoa, corresponde ao intervallo entre zero e 60 gráos acima.

CLXXXVIII. Isto posto, dividindo-se a quantidade de gelo que hum corpo qualquer fundio resfriando-se até zero, pelo producto da massa do corpo repportado ao kilogrammo, e do numero de gráos a que se elevava a temperatura primitiva, ter-se-há logo a quantidade de gelo, que hum kilogrammo do mesmo corpo he susceptivel de fundir, por hum abaixamento de hum simples gráo de temperatura. Multiplicando depois o resultado por 60, ter-se-há a quantidade de gelo que teria sido fundida, se a temperatura tivesse descido de 60° a zero, o que dará ao mesmo tempo o calor especifico do corpo reportado ao d'agoa tomada pela unidade.

O instrumento he huma especie de gaiola (1), cujo interior he dividido em tres cavidades metidas huma na outra. A cavidade interior ou a mais visinha do centro, he formada de huma rede de ferro sobre a qual pousa o corpo do qual se quer saber o calor especifico; a seguinte ou a cavidade media, he destinada a conter o gelo pizado que deve cercar a cavidade interior e ser fundido pelo calor do corpo submettido á experiencia; a terceira ou a cavidade exterior, recebe outra quantidade de gelo, cujo effeito he separar o calor do ar e dos corpos ambientes. No momento da experiencia, a temperatura do gelo deve estar a zero, e he bom que o da separação não esteja acima deste termo. A quantidade d'agoa produzida pelo derretimento do gelo contido na cavidade media corre, por huma torneira, em hum vaso situado debaixo da maquina; e está-se bem seguro que esta agoa provém unicamente do calor perdido pelo corpo submetido á experiencia, pois que o gelo, que está na mesma cavidade se acha resguardado por aquelle que o cerca, da influencia de todo o calor estranho. O ar e os corpos visinhos não pódem obrar senão na camada de gelo situada exteriormente, e a agoa, que neste cazo, he o producto da sua

(1) Traité élémentaire de Chimique, par M. Lavoisier. t. 2. p. 387.

acção, corre ao longo de hum tubo que o recebe separadamente.

CLXXXIX. Façamos sensivel por hum exemplo, o methodo de submetter ao calculo o resultado da observação. Supponhamos que huma corpo do pezo de 7, kil. 7, aquecido a 78° acima de zero, tenha fundido 1, kil. 1 de gelo, passando á temperatura de zero; dividindo-se 1, 1, pelo producto de 7, 7 e de 78 terse-há o kil, 0018 pela quantidade de gelo que hum kilogrammo do mesmo corpo seria capaz de fundir, resfriando-se de hum gráo. Este resultado multiplicado por 60, dará 0, 1080 pelo calor especifico do corpo rapportado ao da agoa.

Se o corpo he por si mesmo liquido, deitar-se-há em hum vaso do qual se tem determinado o calor especifico. Subtrahirse-há da quantidade do gelo fundido a parte que o vaso devia produzir, o que dará a quantidade obtida pelo resfriamento do liquido; e de resto a operação será a mesma que para os corpos solidos.

IV. Dos Effeitos do Calorico, em mudar o estado dos Corpos.

CXC. As moleculas de hum corpo que nós suppomos em estado de solidez obedecem á força d'affinidade, que produz sua adherencia mutua. Mas esta adherencia he mais ou menos enfraquecida pela força elastica do calorico interposto entre as moleculas, que tende a separa-las humas das outras. Assim, ellas são sollicitadas continuadamente por duas forças contrarias, cujas acções se contrabalanção: á estas duas forças se junta huma terceira, isto he, a pressão dos fluidos ambientes, que se oppõe ao effeito do calorico em separar as moleculas. Porém a influencia desta força não he sensivel senão em certas circunstancias, que logo faremos conhecer.

CXCI. Em quanto a força elastica do calorico separa mui pouco as moleculas do corpo, para que sua distancia respectiva seja muito mais pequena que o raio de sua esphera d'actividade sensivel (72), a parte da affinidade que não tem sido destruida conserva o corpo no estado de solidez.

Para melhor conceber este effeito, imaginemos que hum corpo solido receba de repente huma certa quanti-

dade de calorico, do qual a parte destinada a produzir a dilatação seja muito menor que a que seria necessaria para separar as moleculas em huma distancia medida pelo raio da esphera d'actividade sensivel. Durante o augmento de volume que resultar, a elasticidade do calorico e a affinidade diminuiráõ ao mesmo tempo, huma por hum effeito semelhante ao afroxamento de huma mola, a outra pelo augmento de distancia. Ora, como supposemos que o corpo não recebia alguma nova quantidade de calorico, haverá hum termo em que a dilatação acabará, e he visivel que neste termo, a força elastica do calorico e a força d'affinidade se acharáõ em equilibrio. E porque a primeira era preponderante durante a dilatação, resulta que ella diminuio em huma maior razão que a affinidade. Logo se neste mesmo termo, em que o corpo está sempre em estado de solidez, huma potencia qualquer obrasse para separar mais as moleculas, ella experimentaria da parte da affinidade huma resistencia que não seria contrabalançada pela elasticidade do calorico, pois que esta perderia mais que a affinidade. Seguese, que hum corpo deve ficar em estado de solidez, em quanto a accumulação do calorico não exceder hum certo gráo. He percizo mesmo que a diminuição da força do calorico seja neste cazo huma lei muito mais rapida que a da força d'affinidade, pois que não se póde ordinariamente vencer a adherencia mutua das moleculas de hum corpo solido, senão empregando hum esforço mais ou menos consideravel.

Assim, á medida que hum corpo solido recebe quantidades addicionaes de calorico, elle passa por diversos gráos de dilatação, que são os mesmos relativamente a hum equilibrio que se não póde romper, até produzir a divisão deste corpo, senão por huma força dirimente superior á tendencia da affinidade, por se oppôr á separação das moleculas (1).

Transmutação dos Solidos em Liquidos.

CXCII. O que nós viemos de dizer suppõe que os augmentos de calorico recebidos por hum corpo solido não excedem hum certo limite. Mas quando este fluido se ac-

(1) Eis-aqui o sentido em que he percizo entender o que foi dito por Lavoisier, que hum corpo dilatado pela força do calorico resta em estado de solidez, em quanto a affinidade he victoriosa.

cumula a ponto de lutar fortemente contra a força d'affinidade, para que as moleculas do corpo possão mover-se livremente em todos os sentidos, e ceder á mais ligeira impressão, este corpo se torna liquido.

Para melhor conceber esta passagem a estado de liquidez, he percizo observar que as moleculas dos corpos tem certas faces, pelas quaes ellas se attrahem com preferencia, quando nada se oppõe a isto, e que se chamão *faces ou lados de maior affinidade.* Em quanto ellas constituem hum corpo solido, voltão estas mesmas faces humas para as outras, e a força de adherencia que as liga entre si tendem em parte para esta disposição respectiva. Ora, a acção do calorico chegando a hum certo grão de augmento e de energia, desarranja esta regularidade de que se trata, e então as moleculas se appresentão humas as outras em posições menos favoraveis á affinidade, resulta na acção desta força huma diminuição que contribue, com a elasticidade do calorico, para esta grande mobilidade, de que as moleculas se tornão susceptiveis quando sua reunião toma a fórma de hum liquido.

CXCIII. Neste termo se appresenta hum phenomeno notavel, que consiste em que a acção do calorico sensivel pára de repente, por não deixar subsistir mais que a do calorico latente; assim as novas quantidades de calorico que sobrevem do instante em que a liquefação começou, não obrão senão para favorecer o progresso, e são nullas para elevar a temperatura do corpo que as recebe, de sorte que hum thermometro posto, por exemplo, no gelo que começa a resolver-se em agoa, fica estacionario no grão de zero, até que este gelo seja inteiramente fundido.

CXCIV. Este socego do thermometro no meio de huma affluencia continua de calorico, tinha tocado ha longo tempo os observadores, e este caso particular era, junto a outro do qual logo fallaremos, o que tinha suggerido a idea de *calor latente*, que recebeo huma grande extensão depois que os phenomenos forão mais bem analysados.

Transmutação dos Liquidos em Fluidos elasticos.

CXCV. Continuemos a tomar a agoa para exemplo, porque as circunstancias da nova transformação que nos resta a descrever, se manifestão por si mesmo de huma maneira mui notavel. Qualquer que seja a temperatura

deste liquido, a força elastica do calorico interposta entre as moleculas de tal fórma he superior á sua affinidade reciproca, que ella tende a separa-las de mais em mais, e a porção do mesmo fluido que obra nas moleculas situadas perto da superficie, faz esforço para as separar. Este esforço experimenta huma resistencia da parte do ar ambiente, que exerce sua pressão sobre a superficie d'agoa. Mas esta resistencia de que se trata não faz de alguma sorte mais que impedir a força elastica do calorico, e abrandar os effeitos. Porque no meio das pequenas agitações que se excitão no ar e mesmo n'agoa, acontece que hum certo numero de moleculas aquosas encontrando posições que correspondem aos intersticios de que o ar he crivado, nelles se introduzem destacando-se da superficie d'agoa. Ellas são no mesmo instante seguidas por outras, de sorte que todas estas moleculas aquosas que tem achado accesso no meio do ar, sendo ahi conservadas a certa distancia humas das outras pelas do calorico distribuidas entre ellas, tomão por si mesmo a fórma de hum fluido elastico. Dis-se então que estas moleculas estão convertidas em vapor, e esta passagem a hum novo estado tem o nome de *evaporação*. Nós tornaremos ao depois com mais detalhe, sobre os effeitos da presença do ar nestes phenomenos, e sobre diversas outras circunstancias que servirão para desemvolver a theoria.

A' medida que a agoa recebe novas quantidades de calorico, a evaporação se torna mais abundante, e logo que a elevação de temperatura tem feito crescer a força elastica do calorico até a hum certo termo, o obstaculo que o ar ambiente oppunha á dilatação d'agoa sendo inteiramente vencido, a acção do calorico, para produzir a evaporação, debaixo da pressão actual da athmosfera, chegou ao seu *maximum*.

CXCVI. Aqui, o phenomeno que já tinha tido lugar na transmutação do gelo em agoa liquida, se reproduz com as mesmas circunstancias, isto he, que durante todo o tempo em que a agoa continua a passar ao estado elastico, as novas quantidades que chegão, não exercem sua acção senão para apressar os progressos da evaporação, e passão ao estado de calorico latente, sem ter alguma influencia na temperatura; de lá vem que hum thermometro posto, seja no liquido que fornece o vapor, seja no vapor mesmo, marca constantemente 80° de Reaumur, ou 100° do thermometro centigrado, debaixo da pressão media da athmosfera.

CXCVII. O momento em que a evaporação chega a este gráo que fixa a temperatura, se annuncia pela ebullição do liquido, e o signal que annuncia esta he o nascimento de huma multidão de pequenas bolhas que partem do fundo do vaso, e se succedem rapidamente a travez do liquido. Lógo ellas rebentão a huma certa altura, produzindo huma especie de emoção que todos conhecem; as seguintes se elevão mais, antes de desaparecerem; e as outras em fim chegão á superficie, e logo novas bolhas muito mais volumosas que as primeiras, se fórmão em toda a massa do liquido, onde ellas excitão huma grande agitação. Segundo as observações do celebre Deluc, todas estas bolhas são produzidas pela separação das particulas do ar naturalmente contidas no liquido (1). Tem-se designado pelo nome particular de vaporisação esta separação rapida de vapor que tem lugar no momento da ebullição, e como a pressão da athmosfera he totalmente vencida neste caso, tem-se estendido o mesmo nome a toda a formação de vapor que se opera em huma especie de vacuo d'ar.

Retorno ao estado de Liquidez e de Solidez.

CXCVIII. Concebamos que a agoa, segundo huma marcha retrogada a respeito da que viemos de considerar, torna do estado elastico ao de liquidez, e d'este ao de solidez. Em quanto ella se tornar liquida, o calorico que ella tinha absorvido, evaporando-se, e que ella tinha como incoberto, debaixo da fórma de calorico latente, tornará a apparecer debaixo da de calorico sensivel, e se communicará aos corpos ambientes, de sorte que hum thermometro prolongado nesta agoa ficará ainda fixo a 80°, suppondo que a pressão he a mesma.

Paraque a agoa, partindo deste termo, torne ao estado de solidez, será percizo então que ella perca, pelo resfriamento, todos os accrescimos de calorico que tinhão feito variar sua temperatura e seu volume, desde o instante da passagem ao estado de liquidez. Durante a congelação que se seguir, toda a quantidade de calorico que a agoa tinha absovido, sahindo do mesmo estado, e que não produzia effeito algum no thermometro, se desenvolverá e passará aos corpos ambientes, de modo

(1) Introduction á la Physique terrestre, t. I. p. 426.

que hum thermometro prolongado nesta agoa ficará ainda estacionario ao gráo de zero.

CXCIX. Nós já citamos huma experiencia (187), na qual tendo misturado hum kilogrammo, ou duas libras, de gelo com hum kilogrammo d'agoa a 60°, obtem-se dois kilogrammos d'agoa a zero, pelo resultado da mistura, isto he, que o gelo, fundindo-se, absorve e faz nulla para o thermometro huma quantidade de calorico medida por 60°, que elle rouba á agoa quente em contacto com elle. Agora, suppondo-se que a agoa passa ao estado de gelo, ella porá em actividade huma igual quantidade de colorico, que se espalhará pelo aparelho, e de proximo em proximo aos corpos visinhos.

CC. O que temos dito da agoa, tomada como exemplo, se applica igualmente a todos os outros corpos. Sua passagem a hum novo estado determina a absorpção de huma quantidade de calorico que perde sua acção sobre o thermometro, hindo da solidez para a liquidez, e desta ao de fluido elastico; e se a passagem se faz em sentido contrario, determina a separação da mesma quantidade de calorico que o corpo tinha absorvido sahindo do estado a que elle chega. Em geral, todas as variações produzidas pelo effeito do calorico, durante huma successão de estados que tem lugar no mesmo sentido, se reproduzem em huma ordem inversa, quando os mesmos estados se succedem no sentido opposto.

A mesma inversão se torna a achar, guardada a proporção, em toda a gradação de variações imperceptiveis que hum corpo corre, hindo de hum para outro estado, todas as pequenas quantidades de calorico que se tinhão tornado latentes, entre duas variações vizinhas, se tornão sensiveis ou reciprocamente, segundo que o limite de que o corpo se aproxima, passando por estas variações, fica de hum ou de outro lado.

Diversidade de opiniões sobre o calorico latente.

CCI. Tem-se olhado o calorico latente debaixo de dois pontos de vista differentes. Segundo muitos physicos, elle se fixa no corpo que muda de estado ou se dilata, e este effeito he analogo ao que se passa na cristallisação de hum sal, que appropria huma porção do dissolvente, de sorte que este metido no cristal, perde todas as suas apparencias, e não possue mais disto que caracterisa huma substancia humida. A outra opinião he relativa á

idea que os physicos que a tem interposto tinhão concebido da capacidade do calorico. Elles a fazião depender de huma certa força que os corpos exercião por conter e prender de alguma sorte o calorico introduzido no seu interior. Esta força tinha tanto maior energia quanto a capacidade de calorico era mais consideravel, e esta capacidade se achava effectivamente augmentada em hum corpo que tinha passado do estado de solidez ao de liquido, ou deste ao estado de gaz ou de vapor. Resultava que a agoa liquida, por exemplo, exercendo huma maior força em cada molecula de calorico, para a conter, este perdia a sua tensão, de sorte que o gelo, fundindo-se, precisava receber hum accrescimo de calorico addicional, para que a tensão total do fluido fosse ainda a mesma, e que não houvesse ahi alguma variação na temperatura. De lá vem, na opinião de que se trata, que o gelo que se resolve em agoa, absorvia huma quantidade de calorico medida por 60°, e que formava o complemento do que exigia o novo estado do corpo.

A mesma reflexão se applicava a hum corpo que se dilata conservando sua temperatura. Assim, huma massa d'ar, livre a dilatar-se por hum maior espaço, roubava aos corpos ambientes o accrescimo de calorico destinado a compensar a perda que a quantidade primitiva fazia de sua tensão, á medida que o ar augmentava de volume.

CCII. A maneira de considerar o que viemos de expôr não differe essencialmente da que temos adoptado. Mas esta appresenta phenomenos debaixo de hum ponto de vista mais puro, distinguindo duas acções no calorico, das quaes huma, só pelo que ella produz, ou huma mudança de estado, ou huma dilatação, perde sua influencia sobre o thermometro, de sorte que a outra acção d'onde depende a temperatura não póde ficar a mesma, senão em quanto a primeira receba mais á proporção do que ella consome.

Differenças entre os Fluidos elasticos.

CCIII. Os fluidos elasticos, que os physicos modernos chamão tambem simplesmente *fluidos*, forão distribuidos em duas ordens; huma contém os que conservão sua elasticidade, debaixo das mais fortes pressões, e nos gráos os mais baixos de resfriamento a que nós os podemos submetter; nenhum destes dois meios, no estado actual das couzas, são capazes de approximar suas moleculas a

huma distancia menor que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel. Estas mesmas moleculas, ou antes as do calorico interposto entre ellas, são como outras tantas molas que se comprimem, quando huma cauza qualquer obra por incluir huma massa d'hum destes fluidos em hum espaço mais estreito que o que ella occupava, e que logo se restabelessem, quando a mesma cauza cessando de ter lugar, a massa do fluido recupera, dilatando-se, o lugar que ella tinha cedido. Chamarão-se tambem *fluidos elasticos permanentes ou gaz.* Na outra ordem são comprehendidos os fluidos elasticos que perdem com mais ou menos facilidade seu estado, pela compressão ou pelo resfriamento; deste numero são os que provém d'agoa commum, do alkohol, do ether, &c., por intermedio do calor, e que se chamarão *vapores ou fluidos elasticos não permamentes.*

Reflexões sobre os Resultados precedentes.

CCIV. Póde ser que não seja indifferente notar, como a theoria das acções que exerce o calorico, por mudar o estado dos corpos, faz ver phenomenos que o commum dos homens não concilia, e que mesmo se tem distinguido pela linguagem: tal he, por exemplo, de huma parte, a conversão do ferro solido em ferro liquido, pela acção do fogo, ou sua volta ao primeiro estado, pelo resfriamento; e d'outra parte, o derretimento d'agoa gelada, ou a passagem d'agoa liquida ao estado de gelo. Estes phenomenos não differem senão pelas circunstancias e pela maior ou menor quantidade de calorico empregado em produzi-las; de sorte que he verdade o dizer que a liquefação do ferro, pelo calor, he o *derretimento* do ferro, e sua volta ao estado de consistencia, pelo resfriamento, he a congelação do ferro. O physico se acostuma assim a considerar debaixo de hum mesmo aspecto, e a conciliar em suas concepções, effeitos, dos quaes hum he a imagem fiel do outro.

CCV. Os resultados da acção do calorico por contrabalançar a affinidade das moleculas de hum corpo solido, a ponto de resultar logo a passagem a estado liquido, e de arrebatar em fim com elle as molecuas debaixo da fórma de vapores, são limitados pela observação a hum certo numero de substancias. Mas elles tem recebido da theoria huma generalidade á qual não podia recusar-se, e tirou-se a consequencia que todos os corpos da natureza são susceptiveis por si mesmo dos tres estados de que

viemos de fallar, e que huma grande parte d'estes corpos não parecem fixos, senão pela falta de poderem adquirir ou perder a quantidade de calorico sufficiente para poder determinar a passagem de hum estado ao outro. A maior differença que possa existir entre a temperatura dos climas onde se sintão os mais vivos ardores do sol, e daquelles que a grande obliquidade de seus raios deixa expostos ao frio o mais rigoroso, produz effeitos quazi nada sensiveis, senão em razão á agoa, que conserva constantemente sua liquidez nas regiões visinhas ao equador, e não a perde senão por intervallos, nos nossos climas, se bem que no polo, enormes bancos de gelo não pódem escapar á acção constante da cauza que os endureceo, senão vindo, como montanhas fluctuantes, fundir-se nos mares das regiões temperadas.

CCVI. O poder da arte tem sobrepassado muito o da natureza. Nós veremos, fallando da agoa, até que ponto se tem feito chegar a acção de hum frio artificial, ainda alem daquelle que corresponde á congelação deste liquido. Mas he pelos effeitos do calor, por remover o limite opposto, que a maior parte das passagens a hum novo estado tem sido determinadas. Concentrando a acção dos raios solares no foco de hum vidro ardente, tem-se chegado a fundir corpos que tinhão resistido até então a toda a actividade do fogo de nossas fornalhas, e a volatilisar o oiro de differentes substancias metallicas.

Parecia que este fosse o ultimo esforço da arte de augmentar a intensidade da acção do calorico. A chimica moderna tem avançado mais, substituindo ao fogo celeste hum fogo ordinario, ao qual se fornece o ar vital, seu alimento, no estado de pureza; por meio da chama, animada por huma corrente deste gaz, tem-se volatilisado os metaes mais promptamente e mais facilmente do que no foco da lentilha; e alguns como o cobre, que se tinhão sómente oxidado por este ultimo meio, se volatilisarão inteiramente. Muitas pedras mui refractarias forão fundidas, outras soffrerão sómente hum primeiro gráo de amollesscimento; e deste numero, são o quartzo, puro, e huma parte das pedras preciozas.

CCVII. Estes limites estão entretanto ainda mui distantes daquelles que seria percizo poder tocar, para que os tres gráos de solidez, liquidez, e fluidez podessem ser realisados relativamente a cada substancia, pela simples absencia do calorico ou por sua accumulação. Mas quando a affinidade junta a estes meios a energia de sua acção,

ella determina mudanças de estado, relativamente a entes que não serião susceptiveis, se elles ficassem isolados; seja que ella prenda hum fluido elastico em huma combinação cujo termo he o estado de solidez, seja que ella associe hum solido a hum fluido elastico que o arrebate com sigo, debaixo de huma semelhante fórma. Assim o oxigenio ao qual nenhum gráo de frio faria approximar bastantemente as suas moleculas, mesmo para as fazer passar á liquidez, se fixa unindo-se ao ferro e a diversos metaes, e o carvão que o calorico só não conduziria nem ao estado liquido, adquire a faculdade elastica combinando-se com o oxigenio, para produzir o acido carbonico.

Explicações de diversos Phenomenos particulares.

Entre os phenomenos que concorrerão para o desenvolvimento da theoria precedente, ha hum, que he a passagem dos corpos do estado de liquidez ao de elasticidade ou reciprocamente, que he susceptivel de ser considerado debaixo de novas razões, que temos omittido até aqui, por não romper o fio das ideas.

CCVIII. Temos visto que o esforço do calorico, para converter hum liquido em fluido elastico, he contrabalançado em parte pela pressão da athmosfera, de sorte que o momento em que o liquido entra em plena ebullição, e em que a temperatura se torna constante, não tem lugar senão quando o obstaculo que resulta desta pressão he inteiramente vencido (195). Segue-se disto que se, depois de se ter posto debaixo de hum recipiente o vazo que contém o liquido, se diminue a pressão, supprimindo huma parte do ar por meio da maquina pneumatica, a ebullição do liquido e a uniformidade de temperatura corresponderáõ a hum gráo mais baixo que quando o liquido era exposto ao ar livre. Este grão se abaixara de mais em mais, á medida que o vacuo mais se approxima de ser perfeito; as experiencias do celebre Prony provarão que se podia chegar assaz longe, para determinar a passagem da agoa ao *maximum* do estado elastico, por huma temperatura que apenas se eleva acima de zero, a pezar de que este liquido tem necessidade, como temos já dito (196), de hum calor medido por 80° de Reaumur, para chegar ao mesmo estado, debaixo da pressão ordinaria da athmosfera. Por huma consequencia do mesmo principio, se qualquer se elevar sobre huma montanha, com

hum vaso cheio d'agoa tepida, a columna d'ar tornando-se mais curta, á medida que se chega a huma maior altura, a diminuição da pressão póde ser tão sensivel, que dê lugar á ebullição do liquido.

CCIX. Supponde-se, pelo contrario, que a pressão media da athmosfera he substituida por outra pressão mais poderosa, as novas quantidades de calorico que se introduzirem n'agoa a continuarão a aquecer, além da temperatura de 80°, até que a força elastica do calorico se torne capaz de romper o obstaculo que lhe resiste, e neste termo, que será no cazo presente o da ebullição, a temperatura se fixará no grão que ella tiver tocado, durante sua elevação acima daquella que teria tido lugar debaixo da pressão ordinaria.

CCX. Por huma serie das mesmas circunstancias, quando a agoa que se evapora está fechada em hum vaso que não deixa alguma sahida ao vapor, este se accumula na parte superior do vaso, e exerce na agoa ainda liquida huma pressão que chegando a hum certo termo, se oppõe ao effeito da força elastica do calorico por amainar o ponto de ebullição, de sorte que o calorico se accumula de sua parte, seja no liquido, seja no vapor mesmo, e a temperatura continúa a subir acima de 80°.

CCXI. Segundo este principio he que era construida a maquina com o nome de *marmita de Papin*, e da qual este physico publicou huma descripção em Pariz, em 1682, debaixo do nome de *maquina propria para delir os ossos, a ponto de fazer cachão.* A tampa desta maquina era impelida por huma violenta força de pressão, e tomavão-se todas as precauções precizas para impedir que se escapa-se o vapor. O calor que se produz neste cazo, he tão forte, que a agoa se torna capaz não só de dissolver os ossos, e de extrahir-lhe a gelatina, mas ainda de fundir o chumbo e o mesmo cobre, assim como o observarão differentes physicos.

CCXII. Para que a agoa huma vez chegada ao termo de ebullição se conserve na mesma temperatura, he percizo que ella receba sem cessar de fóra huma nova quantidade de calorico igual ao que se torna latente. Se este accrescimo de calorico pára, a evaporação continuará, mas por gráos decrescentes, e como então o vapor rouba á agoa mesmo situada abaixo delle o calorico necessario para a sua formação, esta circunstancia determina no liquido hum abaixamento continuo de temperatura.

O mesmo effeito tem lugar, guardada a proporção,

em todas as massas d'agoa submettidas á evaporação pela temperatura ordinaria da athmosfera. A formação do vapor produz na agoa d'onde elle se escapa, hum resfriamento mais ou menos notavel, de que se ressentem os corpos ambientes, aos quaes o liquido rouba huma parte do seu calorico, para reparar suas perdas.

O que se acaba de dizer póde servir para dar a razão de muitos effeitos mui conhecidos.

CCXIII. Por exemplo, embrulhando-se em hum pano branco a bola de hum thermometro, e que se humedece este pano com ether, agitando-se o thermometro no ar, para renovar os pontos de communicação com este fluido, e facilitar a evaporação, chegar-se-há a fazer descer mui sensivelmente o licor do thermometro; de lá tambem provém a sensação de frio que se experimenta durante a evaporação de huma gota de licor espirituoso que se tem deitado na mão. Será da mesma sorte facil explicar hum facto que appresenta huma especie de paradoxo, e que tem lugar, quando aos primeiros raios do sol, isto he, á renovação do calor, o thermometro abaixa por hum instante. Este effeito provém de que a pequena quantidade de orvalho de que o thermometro he humedecido, chegando a evaporar-se pela acção do sol, o thermometro lhe cede huma porção do seu calorico.

CCXIV. He sobre os mesmos principios que he fundado hum meio mui simples, que se pratica em muitos paizes, para se obter a agoa fresca de verão, fazendo contribuir para o abaixamento da temperatura do liquido o mesmo calor que reina na athmosfera. Lança-se a agoa em vasos de terra de embocadura estreita, cuja materia tem sido de tal modo preparada, que fica mui porosa depois de ter sofrido huma pequena cozedura. Põe-se estes vasos, quanto for possivel, em hum lugar onde o ar seja renovado continuamente. A agoa que traspassa a travez do tecido laxo do vaso, se evapora chegando á superficie; nova agoa lhe succede, e a quantidade de calorico que se occupa continuamente, a favor da evaporação, não sendo compensada pelo que chega de fóra, a agoa chega, em mui pouco tempo, a hum gráo de resfriamento, que faz huma bebida agradavel (1). Este processo he empregado em Pariz, com successo, por Four-

(1) Deluc, Introduction á la Physique terrestre, t. I., p. 382.

mi, proprietario d'huma manufactura de vasos que tem o nome de *hygiocerames*.

V. Dos Effeitos da compressão e da dilatação sobre o Calorico contido nos corpos.

CCXV. Temos fixado até aqui nossa attenção nas circunstancias em que as variações que sofre o volume de hum corpo são devidas á accumulação do calorico no interior deste corpo ou á sua separação, de sorte que nós tinhamos a attender dois effeitos simultaneos, isto he, a dilatação e a elevação de temperatura de huma parte, e da outra a contracção e o resfriamento; e a theoria destes effeitos nos tem conduzido a decompor, pelo pensamento, a acção do calorico em duas acções distinctas, ou, querendo-se, a subdividir o mesmo calorico em duas partes distinctas em produzir os effeitos de que se trata. Vamos agora a desenvolver os phenomenos limitados a certos corpos, e a certas circunstancias, nas quaes a parte do calorico que produz a dilatação, ou aquella cuja separação occasiona a contracção, obra só, de sorte que no fim de hum ou de outro effeito, a temperatura se acha a mesma que antes. Examinemos logo o que acontece, nestes casos, a hum fluido elastico, tal como o ar.

CCXVI. Supponhamos hum thermometro debaixo de hum recepiente, no meio de huma massa deste fluido, de sorte que o apparelho e todos os corpos ambientes estejão em equilibrio de temperatura com elle. Se se dilata o ar, o thermometro abaixa no mesmo instante; se, pelo contrario, se se comprime o ar, vêse o thermometro subir. No primeiro caso, o ar tendo precizão de empregar para a sua dilatação huma quantidade de calorico que, por isso mesmo, se tornará latente, rouba subitamente ao thermometro e ao apparelho huma porção do que elles contém. Mas logo depois o calorico que chega dos corpos ambientes, onde elle não está em equilibrio com o do ar incluido debaixo do recepiente, conduz não só este fluido como tambem o thermometro á temperatura primitiva, de modo que o licor do instrumento, que tinha então descido de repente, sobe ao mesmo gráo. No segundo caso, o ar desenvolve, durante a compressão, huma parte do seu calorico latente, igual ao que depois teria necessidade, para recuperar, pela dilatação, seu volume primitivo, e elle cede este calorico ao thermometro e ao apparelho. Mas depois da compressão, o

calorico que tinha sido abandonado pelo ar, communicando-se de proximo em proximo aos corpos ambientes, a uniformidade de temperatura se restabelece, e o licor do thermometro desce ao seu primeiro nivel.

CCXVII. Ordinariamente as variações do thermometro que tem lugar em hum e outro caso, não excedem a mais de hum ou dois gráos. Mas he facil de conceber que a mudança que experimenta o ar, corresponde a huma differença de temperatura que não he exactamente representada pelo movimento do licor do thermometro. Porque este instrumento não faria aqui a funcção de verdadeiro thermometro, senão quando sua massa fosse como infinitamente pequena, em razão á do ar (141), e que este fluido não podesse d'outra fórma nem roubar aos corpos ambientes o seu calorico, nem ceder aquelle que se separaria do seu interior. Porém a massa do thermometro he pelo contrario muito mais consideravel que a do ar, e resulta que a temperatnra deste ar abaixa menos durante a dilatação, que se elle não tivesse alguma communicação com o thermometro, porque este instrumento lhe restitue huma porção de calorico que de sensivel se torna latente; doutra parte a temperatura do ar se eleva menos, durante a compressão, do que no caso em que este ar fosse independente do thermometro, porque este lhe roubaria huma porção do calorico que se separa para se tornar sensivel de latente que elle era. Desta sorte o thermometro faz com que não apareça huma parte da mudança de temperatura que elle deveria indicar inteiramente, e a indicação pecca tambem, em que o calorico cedido pelo apparelho ao ar que se dilata, exerce sobre este instrumento huma influencia estranha, que se oppõe a que o licor abaixe; ou em que a influencia do calorico roubado pelo mesmo apparelho ao ar comprimido, he perdido pelo thermometro cujo licor fica, por isto só, abaixo de sua verdadeira altura.

Resultado de Newton, que se applica á theoria precedente.

Huma idea de Newton, relativa aos effeitos da compressão dos fluidos elasticos, vai-nos servir a espalhar huma nova luz sobre as circunstancias que accompanhão os phenomenos de que viemos de fallar.

CCXVIII. Investigações de que ao depois fallaremos demonstrarão que para huma mesma temperatura, a for-

ça elastica de huma quantidade determinada d'ar ou de qualquer outro fluido elastico, está, quazi, na razão inversa do volume; isto he, que se, comprimindo-se o ar, por exemplo se reduzisse a ametade do seu volume, a elasticidade deste fluido, ou a pressão que elle será capaz de exercer sobre huma força dada, se achará duplicada.

CCXIX. Concebamos hum volume d'ar contido em hum vaso cubico, e supponhamos que este ar se torne a comprimir em outro vaso cubico cujo lado seja ametade do primeiro. Como as moleculas do ar se julgão ter de huma e outra parte o mesmo arranjo symetrico, he visivel, que no segundo cubo, cujas faces tem huma extensão quatro vezes menor que as do primeiro, elle conterá quatro vezes mais moleculas d'ar distribuidas em huma parte determinada de cada face, e, por consequencia quatro vezes mais forças elasticas que obrão nesta mesma parte; e porque a pressão, que está na razão inversa do volume, se tornou oito veses maior, a força de cada elasticidade será dobrada. D'outra parte, o lado do segundo cubo sendo ametade do primeiro cubo, ou o que he o mesmo, o comprimento de cada fileira de moleculas d'ar tornando-se huma vez mais pequena, a distancia entre duas moleculas visinhas será diminuida de ametade; d'onde se segue que as tensões das forças elasticas, nos dois cubos, estão na razão inversa das distancias entre as moleculas d'ar. Tal he, em substancia, o resultado de Newton (1).

CCXX. Ora nós sabemos que a elasticidade do ar depende do calorico, de sorte que nós podemos considerar o calorico como formando pequenas molas dobradas entre as moleculas do ar. Imaginemos agora que as tensões d'estas molas sejão proporcionaes á densidade do calorico de que são compostas, ou ao numero de moleculas deste fluido que occupão hum espaço dado. Se todo o calorico incluido no primeiro cubo tivesse passado para o segundo, sua densidade e por consequencia a força de cada mola, ou a que cada mola exerce nas visinhas, se tornaria oito veses maior; mas ella he sómente dobrada: logo nesta hypothese, a compressão teria feito sahir do ar os $\frac{6}{8}$ ou os $\frac{3}{4}$ do calorico que nelle se achava incluido. Na verda-

(1) Phylosophiæ naturalis Princip. mathem., sect. 5, prop. 23, theorema 17.

de nós ignoramos se a densidade do calorico varía na mesma razão que a força da mola, ainda que a probabilidade seja a favor da hypothese em que isto teria lugar; porém resulta ao menos do que viemos de dizer, que em hum fluido elastico condensado, a quantidade absoluta de calorico he muito menor que antes da condensação, ainda que o fluido contenha mais calorico, em igual volume, o que concorda com a experiencia.

CCXXI. Suppondo-se, pelo contrario, que o ar se espalha pela dilatação em hum novo cubo cujo lado seja o dobro do primeiro; provar-se-há por hum raciocinio semelhante, que nelle haverá quatro veses menos moleculas d'ar, e por consequencia quatro vezes menos molas compostas de calorico, que correspondão a huma parte determinada da superficie do segundo cubo, e porque a pressão se torna oito veses mais pequena, a força de cada mola se achará diminuida de ametade; ao mesmo tempo a distancia entre as moleculas visinhas será dobrada, isto he, as tensões das forças elasticas serão ainda aqui em razão inversa das distancias entre as moleculas do ar.

Se as tensões das molas fossem proporcionaes ás densidades do calorico, he facil de ver que o ar dilatado em hum volume oito veses maior deveria conter quatro veses mais calorico, para que a força de cada mola fosse ametade da que ella tinha então, d'onde se segue que a quantidade de calorico roubado aos corpos ambientes seria tripla da quantidade primitiva. Mas esta determinação não sendo senão hypothetica, ainda que póde ser que não se alonga muito da verdade, tudo quanto nós podemos concluir certamente do que precede, he que hum fluido elastico dilatado contém huma quantidade absoluta de calorico muito maior que antes da dilatação, ainda que em igual volume a quantidade nelle seja mais pequena.

Explicação de diversos Phenomenos.

CCXXII. Os physicos fizerão depois de longo tempo huma experiencia por via da qual se póde seguir, por assim dizer a olho, a marcha do calorico na dilatação do ar. Se depois de ter comprimido este fluido em hum recipiente de vidro que contém hum barometro, se abre a torneira destinada a dar huma sahida ao ar, o mercurio do barometro desce rapidamente; e fechando-se de repente a torneira, o mercurio sobe lentamente até huma certa altura, onde elle fica estacionario.

Estes effeitos provém de que no momento em que se abre a torneira, o ar não podendo roubar instantaneamente ao apparelho e aos corpos ambientes a quantidade de calorico necessaria para a sua dilatação, rouba a si mesmo huma parte do seu calorico sensivel; e como a sua temperatura se abaixa d'outro tanto, a diminuição da força elastica que resulta occasiona hum excesso de abaixamento na columna do barometro. Porém desde que se fecha a torneira, o ar, tornando á sua primeira temperatura; recobra huma parte de sua elasticidade, o que determina elevar-se a columna de mercurio até que se equilibre (1).

CCXXIII. Nas minas de Schemnitz na Hungria, tem-se servido por muito tempo de huma maquina chamada *para agoa e ar*, fazendo officio de huma bomba, na qual se substituia ao jogo do embolo a força elastica de huma massa d'ar comprimida por huma columna d'agôa de quarenta a cincoenta metros de altura. Quando se querião divertir os que hião visitar as minas, abria-se huma torneira que dava huma sahida ao ar comprimido, e appresentava-se hum barrete de mineiro ao orificio da torneira: no mesmo instante a superficie deste barrete era coberto de huma especie de gelo mui branco, mui compacto, e semelhante ao do graniso (2). Neste caso o ar que escapava com rapidez, levando comsigo o vapor aquozo de que estava saturado o interior da bomba, experimentava hum alto gráo de rarefação. Tornado por assim dizer avido de calorico á custa de tudo que lho podia fornecer, e particularmente do vapor em contacto com as suas moleculas, roubava a este vapor huma quantidade assaz consideravel para fazelo saltar de repente a distancia do estado de fluidez elastico e ao de solidez, de sorte que elle se depunha em gelo sobre o primeiro corpo que o ar encontrava no espaço ambiente.

CCXXIV. Outro facto que he mui curioso, prova quam consideravel he a quantidade de calorico que o ar deixa livre quando seu volume diminue. Põe-se hum pequeno pedaço de isca na extremidade inferior e dentro do tubo de huma especie de bomba que serve a comprimir o ar: abaixa-se depois o embolo o mais depressa que for possivel; o calor que se desenvolve pela condensação do ar he tão activo, que a isca se accende. Terminando-

(1) Baillet, Journ. des Mines, n.º 76, p. 267.
(2) Baillet, Journ. de Phys., pluviôse an. VII. p. 166.

se o corpo da bomba por hum fundo movel feito de hum pedaço d'aço bem atarrachado, no centro do qual se adopta huma lentilha de vidro, por meio da qual se possa ver o que se passa no interior, vê-se no primeiro golpe do embolo hum clarão vivo e brilhante saltar no meio do ar condensado (1).

CCXXV. Sabe-se que a combustão do gaz oxigenio e do gaz hidrogenio, produzida pela faisca electrica, dá lugar á composição d'agoa. O celebre Biot annunciou que o effeito de huma compressão mui rapida devia substituir o da electricidade, dando lugar á separação de huma abundante quantidade de calorico, que não podendo dissiparse logo, empregaria sua acção sobre o gaz do qual elle elevaria bastantemente a temperatura para determinar sua inflammação. Ainda que Biot julgasse inutil verificar directamente huma asserção tão estreitamente ligada ás observações conhecidas, a experiencia offerece por si mesmo hum tão grande interesse, que indica-lla era contrahir o empenho de a fazer. Elle se servia de huma bomba de espingarda de vento, cujo fundo era fechado por hum pedaço de cristal mui espesso: tendo introduzido no interior desta bomba huma mistura dos dois gazes, deu hum golpe d'embolo; logo appareceo huma luz extremamente viva, accompanhada de huma violenta detonação, que era hum indicio certo da combinação dos gazes. Esta experiencia exige precauções, para evitar os perigos a que se expõe os que as fazem (2).

Limites dos Phenomenos relativamente aos liquidos e aos solidos.

CCXXVI. Os liquidos não sendo sensivelmente compressiveis, delles não se separa algum calor apreciavel, quando se agitão, ou se tenta de encerrar seu volume em hum menor espaço. A contracção, assim como a dilatação das mesmas substancias, fazem sempre parte de hum phenomeno composto, ao qual a elevação de temperatura ou o resfriamento concorre com huma ou outra.

CCXXVII. Ha differentes modos de fazer com que os

(1) Bulletin des Sciences de la Societé Philom., prairial an. XII., p. 269.

(2) Magasin Encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts, avril 1805 (germinal an, XIII.), p. 421.

corpos solidos experimentem huma diminuição de volume, que produz nelles hum effeito analogo ao que apresentão, no mesme caso, os fluidos elasticos. Quando se malha huma barra de ferro quente, cada golpe de martelo, approximando as moleculas, faz sahir jactos de calor que elles excitão em toda a circumferencia.

O mesmo tem lugar, guardada a proporção, pela acção da maquina de cunhar, pela das fieiras, e pelas percussões reiteradas que sofrem os metaes a frio, em huma multidão de operações relativas ás artes. Mesmo frequentemente estes metaes sahem com hum calor consideravel devido á porção de calorico que separando-se do interior, não tem tido ainda tempo de se espalhar pelos corpos ambientes, para estabelecer o equilibrio de temperatura.

A fricção, que se póde julgar como huma especie da acção de bater o ferro, produz calor por huma causa semelhante, fazendo com que as partes em que ella obra sofrão huma condensação que determina huma separação de calorico. Para esprimir estes differentes effeitos que tem lugar em hum corpo, seja quando o calorico de que elle se embebe, por assim dizer, o dilate, seja quando huma causa que faz diminuir seu volume exprema o calorico, chamarão-se os corpos *esponjas de calor.*

Differença entre o effeito de Compressão e o de Resfriamento.

CCXXVIII. Hum corpo que se contrahe pelo resfriamento, e hum corpo a respeito do qual a diminuição de volume he o effeito da compressão, perdem hum e outro huma certa quantidade de seu calorico que elles cedem aos corpos ambientes. Mas o primeiro se despoja ás vezes da parte do seu calorico que o conserva na temperatura primitiva, e daquella que exigião as dimensões do volume que correspondia a esta temperatura, em lugar de que o outro corpo desenvolve sómente a parte relativa á differença de volume, de sorte que elle conserva sua temperatura. Segue-se disto que se dois corpos, partindo do mesmo grão de temperatura, experimentarem huma igual diminuição de volume, mas que seja para hum effeito da compressão e para o outro o do resfriamento, este segundo corpo tem perdido mais do seu calorico do que o primeiro.

Sejão, por exemplo, duas massas iguaes d'ar m e m',

huma e outra a 25° acima de zero do thermometro centigrado. Suppondo-se que o ar *m* se resfriasse até zero, seu volume se achará diminuido de quazi $\frac{3}{10}$, assim como se prova por huma regra que ao depois daremos. Comprimanos o ar *m'*, até que seu volume seja tambem diminuido de $\frac{3}{10}$, em cujo cazo, ficará na mesma temperatura de 25.° Logo elle terá perdido menos que o ar *m*, que desceo a zero. Concebamos em fim que se communique ao ar *m* huma quantidade de calorico capaz de fazer subir sua temperatura a 25°, que he tambem a do ar *m'*, e que ao mesmo tempo huma força qualquer o comprima de modo que elle fique sempre encerrado no mesmo espaço; então tudo será igual de huma e outta parte entre as duas massas d'ar. Seja *t* a quantidade de calorico communicada ao ar *m*, e *a* a quantidade que tinha perdido resfriando-se até zero; *a* menos *t* representará sua perda no estado actual. Ora esta perda he igual á que o ar *m'* teve, d'onde se vê ainda que este ultimo ar tinha perdido menos, resserrando-se $\frac{3}{10}$, pelo effeito da compressão, do que o ar *m* experimentando huma igual contracção, pelo effeito do resfriamento.

Chamando-se *d* a quantidade perdida pelo ar *m'*, *d* mais *t* designará a que sahio do ar *m*. Nesta expressão, *d* reprezenta huma perda, commum ás duas massas de ar, de huma porção de calorico que era latente, e *t* huma perda particular que o ar *m* fez de huma porção de seu calorico sensivel. A quantidade *d* he aquella cuja separação se reporta á contracção dos dois ares, e a quantidede *t* aquella cuja sahida determinou o resfriamento ao ar *m*.

CCXXIX. Os corpos solidos, como os metaes, dos quaes se faz diminuir o volume, malhando-os estão no mesmo caso que o ar *m.'* Elles não perdem, durante esta operação, mais que a quantidade de calorico representada por *d*, que, como nos temos visto, he mui consideravel, em certas circunstancias, mas que he inferior á quantidade *d* mais *t*, que elles perderião, contrahindo-se na mesma razão pelo resfriamento. Toda a differença entre os metaes e o ar, consiste em que os primeiros, em con-

sequencia da sua ductilidade, ficão por si mesmo no estado em que a malleação os pôs, em lugar do que o ar não póde ser conservado em seu estado de contracção, sem que a força, que o tinha obrigado a isso, continue a obrar nelle. A affinidade que conserva as moleculas metallicas em suas novas posições, produz hum effeito semelhante ao da compressão que destroe a tendencia do ar, para recuperar seu primeiro volume, em virtude de sua elasticidade.

VI. Da Lei que seguem os Fluidos elasticos na variação de seu volume e de sua força elastica, pelo effeito do Calorico.

O objecto que nos vai occupar tem de commum com a maior parte daquelles que pertencem ás diversas sciencias naturaes, que os conhecimentos pelos quaes se tem principiado a desenvolver-se, forão exhauridos no estudo dos corpos, que offerecendo-se como por si mesmo á observação, parecião colocar-se na primeira ordem para serem examinados pela experiencia. Assim submettendo-se o ar athmosferico á acção do calor, he que se tem reconhecido a lei que segue este fluido, dilatando-se entre certos limites de temperatura. Nesta epoca, isto não era ainda mais do que huma lei particular e como inherente á physica do ar. Mas depois que a chymica se enriqueceo com a descuberta de huma immensidade de substancias invisiveis, elasticas e ás vezes susceptiveis de serem comprimidas como o ar, os physicos emprehenderão considerar estas novas especies d'ar debaixo do mesmo ponto de vista, e suas indagações produzirão esta vantagem precioza, do que se poderia igualmente citar exemplos em muitas d'outros generos, cuja analogia entre os resultados tem servido de provar a generalidade das propriedades de que elles dependem, e terem conduzido por grãos a sciencia a este ponto de elevação, onde ella abraça todos os phenomenos em huma mesma concepção.

CCXXX. O calorico que, á medida que eleva a temperatura do ar, augmenta o volume deste fluido, quando elle tem a faculdade de se dilatar, faz crescer á sua força elastica, quando o volume fica omesmo, isto he, que então o ar exerce hum maior exforço contra o obstaculo que o captiva. Ora he facil de ver que a nova pressão que he percizo empregar, para impedir que huma massa d'ar aquecida se dilate, dá a medida da dilatação que teria effectivamente lugar,

se o ar continuasse a ser submettido á pressão primitiva. Supponhamos, por exemplo, que esta seja igual á pressão media da athmosfera, que faz equilibrio ao pezo de huma columna de mercurio de 28 polegadas ou quazi 76 centimetros. Supponhamos de mais que a acção de hum novo calor augmenta a força elastica do ar; a ponto que, para o conter no mesmo espaço, seja percizo empregar huma duplicada pressão, ou de 152 centimetros de mercurio. Conclur-se-há que se o ar não tinha mais a soster que a pressão de 76 centimetros, seu volume se acharia dobrado, no termo em que sua força elastica diminuida pela dilatação fizese equilibrio a esta mesma pressão.

Resultados d'Amontons.

Os primeiros resultados que se appresentão relativamente a este objecto, são os d'Amontons, hum dos physicos que melhor conheceo a arte de metter a natureza em acção pela experiencia, e de a fazer fallar ao mesmo tempo aos olhos e ao espirito.

CCXXXI. Eis-aqui o processo empregado por este sabio celebre, para medir o augmento da elasticidade que o ar experimentava entre dois limites conhecidos de calor. Elle tinha escolhido para o mais baixo destes limites, a temperatura moderada que reina durante a primavera ou outono, e que corresponde a 14° quazi de Reaumur. O outro limite era o d'agoa fervendo, e devemos dizer aqui que era Amontons o primeiro, que tinha observado o phenomeno notavel que offerece este liquido, conservando-se na mesma temperatura, desde que huma vez elle chegou á ebullição, por mais tempo que se deixe sobre o fogo, e qualquer que seja a actividade do calor. Mas não se conhecia então o termo opposto, que he o do gelo fundido, e, por falta deste termo fixo, Amontons tinha adoptado a temperatura media entre os dois gráos de calor e frio que se experimenta no nosso clima.

Seu apparelho consistia em hum tubo de vidro, do qual a parte inferior que era recurvada se terminava por huma bola. A haste aberta, cujo comprimento era quazi de 47 polegadas ou 127 centimetros, tinha hum mui pequeno diametro, se bem que o da bola era, á proporção, mui consideravel. Amontons introduzia no tubo huma quantidade de mercurio sufficiente para encher a curvatura, de sorte que, quando o tubo estava situado verticalmente, o mercurio se fixava de huma parte na parte

inferior da bola, e da outra parte na mesma altura no tubo. Este nivel dependia de que o ar contido na bola estivese no seu estado natural, ou fizesse equilibrio, por sua elasticidade, á pressão da athmosfera.

A temperatura primitiva sendo, como temos dito, de quasi 14° de Reaumur, fazia-se tomar á bola o calor d'agoa fervendo. O ar interior adquiria logo hum augmento de elasticidade, que determinava huma porção de mercurio sobre o qual se exercia a pressão, a passar para o tubo, onde elle se elevava em columna. Durante este movimento, o ar se dilatava para occupar o espaço, abandonado pelo mercurio; mas a quantidade de sua dilatação podendo ser despresada, por causa da grande capacidade da bola, seu volume não se julgava ter mudado, de sorte que o augmento da força elastica, medido pela columna de mercurio que se elevava acima do nivel, se achava sensivelmente proporcional ao augmento da força elastica do ar. Ora este ar, no principio da experiencia, supportava a pressão da athmosfera, que representava a de huma columna de mercurio de quazi 28 polegadas, ou 758 millimetros de comprimento. Mas depois que o ar tinha adquirido o calor d'agoa fervendo, o mercurio empurrado para o tubo nelle occupava hum espaço de quazi 9 polegadas e $\frac{1}{3}$ ou 252 millim., 6 acima do nivel, isto he para a pressão á qual o ar fazia equilibrio, era então de 37 polegadas $\frac{1}{3}$ ou de 1010 millim., 6. Amontons tinha concluido que, desde a temperatura media até ao grão d'agoa fervendo, a força elastica do ar, obrigada pela pressão media da athmosfera augmenta quasi hum terço.

Se, em lugar de não deixar supportar ao ar contido na bola mais que a pressão media da athmosfera, se se carregava ao contrario de huma columna de mercurio cujo comprimento fosse, por exemplo, de 28 polegadas, em cujo caso a pressão se achava duplicada, e o ar interior occupava hum espaço huma vez menor que em seu estado natural (218), a força elastica deste fluido augmentava sempre seguindo a mesma razão, pelo calor d'agoa fervendo, isto he que no caso presente, a pressão primitiva sendo de 56 polegadas, o alongamento da columna era de 18 polegadas $\frac{2}{3}$.

CCXXXII. Amontons ideou applicar este ultimo resultado á construcção de hum thermometro d'ar, que fosse comparavel, e por meio do qual se pudessem transmittir, dizia elle, á posteridade as observações que se tivessem feito sobre a temperatura dos differentes climas, em lugar do que até então os diversos instrumentos deste genero não tinhão alguma relação entre si, e não offerecião mais que indicios locaes e isolados. Este thermometro tinha muitos inconvenientes que o tinhão feito abandonar; a temperatura media não offerecia hum limite assás fixo; faltava mais, consultando o instrumento, dar attenção á altura do barometro, para fazer a correção que exigia a variação da columna de mercurio acima de 28 polegadas. Em fim este instrumento se tornava embaraçado pela grandeza de suas dimensões. Mas este era o primeiro cuja execução tivesse sido dirigida para a verdadeira perfeição deste genero de instrumentos, e elle continha hum termo invariavel de calor que tinha passado á construcção dos thermometros prezentemente em uzo, como logo veremos.

CCXXXIII. Qualquer que fosse a massa d'ar empregada nas experiencias que nós temos citado, o augmento de elasticidade seguia sempre a mesma lei; d'onde resultava este principio, que se massas d'ar desiguaes, que se suppõe ter a mesma temperatura, são carregadas de pesos iguaes, sua força de elasticidade crescerá igualmente por gráos iguaes de calor, de sorte que, para as conservar, será preciso augmentar da mesma quantidade os pesos que as comprimem.

A experiencia fazia vêr tambem que se massas d'ar iguaes erão carregadas de pesos desiguaes, na igualdade de temperatura, sua força elastica cresceria proporcionalmente a estes mesmos pesos, por hum mesmo augmento de calor. Assim, huma massa d'ar que, sendo carregada de 30 polegadas de mercurio, acima da pressão primitiva, tinha adquirido hum augmento de elasticidade medido por 10 polegadas de mercurio, na passagem da temperatura media ao grão d'agoa fervendo, adquiria hum igual a 20 polegadas, quando a carga era de 60 polegadas, de sorte que os pesos comprimentes devião ser augmentados na mesma razão, para que o volume não soffresse alguma mudança.

Resultados de Gay-Lussac e de Dalton.

A pouca estabilidade do termo medio que Amontons tinha tomado no curso das estações, tornava necessariamente incerta a consequencia que elle tinha deduzido das suas observações. Muitos sabios se occuparão depois com o mesmo objeto, tomando o grão de gelo liquefactivo e o d'agoa fervendo, por limites da temperatura, e a pressão media da athmosfera por aquella que devia obrar uniformemente sobre o ar; porém a grande diversidade que se acha em seus resultados, fazia dezejar que este ponto de physica fosse submettido a hum exame mais rigorozo. Gay-Lussac emprehendeo dar conta deste trabalho, e por huma serie de experiencias feitas com muito cuidado e precisão, chegou a determinar não só a dilatação do ar athmosferico, entre os limites de que fallamos, mas ainda a de diversos outros gazes soluveis e não soluveis; e, o que ajunta hum novo grão de merecimento aos resultados que obteve, he a uniformidade da lei da dilatação a que elle foi conduzido (1).

CCXXXIV. Antes de expôr os resultados de que se trata, este sabio discute os differentes meios empregados até então para chegar ao mesmo fim, e nota que a causa que mais tem contribuido a faze-los defeituozos, era a presença de algumas gotas d'agoa que continhão os apparelhos. Esta agoa, occupando, pela sua vaporisação, hum volume perto de 1800 vezes mais consideravel que no estado de liquido, dislocava huma grande parte do ar fechado com ella no mesmo ballão, de sorte que attribuia-se ao ar huma dilatação muito maior, suppondo-se que elle enchia só a capacidade do ballão onde a temperatnra tinha chegado ao grão d'agoa fervendo. Gay-Lussac empregou processos differentes relativamente aos gazes insoluveis e aos soluveis.

CCXXXV. Eis-aqui pois a que se reduz seu methodo, relativamente aos primeiros: toma-se hum ballão bem secco, no qual se introduz o gaz do qual se quer determinar a dilatação; faz-se depois aquecer este ballão até ao termo d'agoa fervendo, e quando a dilatação tiver produzido todo o seu effeito fazendo sahir huma parte do gaz, resfria-se até ao grão do gelo liquefactivo, deixan-

(1) Annales de Chime, par Guyton, Monge, e Bertholet, &c., N. 148, p. 137 et. suiv.

do-se ao mesmo tempo entrar no ballão tanta agoa quanta permittir a presença do gaz que nelle resta; a respeito do que ha a notar que o gaz, em seus differentes estados, deve sempre equilibrar-se com a pressão constante da athmosfera. Isto posto, a agoa que se introduzio no ballão, representa a quantidade de que o gaz que nelle resta he susceptivel de se dilatar, desde o grão do gelo a fundir-se, até ao d'agoa fervendo. Pezar-se-há o ballão neste estado, peza-se segunda vez depois de o ter cheio totalmente d'agoa; em fim peza-se vasio de tudo. A differença entre o peso do ballão vazio e o do ballão cheio da agoa dá a capacidade do ballão; e a differença entre o pezo do ballão vazio, e o do ballão, contendo hum volume d'agoa igual ao espaço que o gaz tem deixado livre contrahindo-se, dá a medida deste volume, depois do que he facil determinar a razão entre os volumes do gaz nas duas temperaturas extremas.

CCXXXVI. Operando desta maneira, Gay-Lussac achou que o ar athmosferico se dilata desde a temperatura do gelo a fundir-se até á d'agoa fervendo na razão de 100 para 137, 5, hum pouco maior que 3 para 4; resulta que a dilatação entre os mesmos limites he de $\frac{37,5}{100}$ ou de $\frac{80}{213,33}$ do volume primitivo. O gaz hydrogenio, o gaz oxigenio e o gaz azote submettidos ás mesmas experiencias, derão resultados absolutamente semelhantes.

CCXXXVII. Para determinar a dilatação dos gazes soluveis, Gay-Lussac recorreo a hum meio tão simples como engenhozo, tomando por termo de comparação a dilatação de hum dos gazes insoluveis, que tinhão sido objecto das experiencias precedentes. Seu apparelho era composto de dois tubos exactamente graduados no seu comprimento e postos verticalmente em hum banho de mercurio; hum continha o ar athmosferico, e o outro gaz que se queria experimentar, e os fluidos se elevavão nos tubos á mesma altura. Conduzia-se este apparelho para huma estufa aonde se elevava progressivamente a temperatura, e via-se que os dois gazes subião em seus tubos de maneira que correspondião sempre mui exactamente ás mesmas divisões, o que provava a igualdade das dilatações. Os fluidos que tem sido objecto desta comparação são o gaz acido carbonico, o gaz acido muriatico, o gaz sulphuroso, e o gaz nitroso. Esta uniformidade de marcha

que seguem os differentes gazes dilatando-se, offerece desde já huma forte razão de analogia, para pensar que os vapores devião ser submettidos á mesma lei. Gay-Lussac contentou-se, pelo que diz respeito a isto, com huma só experiencia, que devia servir mais de exemplo que de prova. Elle escolheo o vapor do ether sulphurisado; e empregando o mesmo processo só para os gazes soluveis, observou que o progresso da dilatação era absolutamente igual de huma e outra parte.

Estes resultados concordão com os das experiencias que Dalton tinha emprehendido ao mesmo tempo em Inglaterra, relativamente ao mesmo objecto, mas do que o chimico francez não podia ter tido conhecimento, quando elle deu parte do seu trabalho ao Instituto nacional das Sciencias e das Artes. Carlos tinha já obtido, ha quazi quinze annos, rezultados semelhantes para os gazes insoluveis; mas suas experiencias sobre os gazes soluveis lhes tinhão offerecido huma dilatação particular a cada hum delles, e debaixo deste ponto de vista, seus resultados differião muito dos de Gay-Lussac.

Assim a dilatabilidade dos diversos gazes e dos vapores, pela acção do calor, não depende de alguma maneira de sua natureza, mas sómente de seu estado elastico. Nunca a Physica foi mais interessante que quando o estudo dos phenomenos naturaes a conduz a estas propriedades que os generalisão, e os mostrão todos incluidos em hum só.

CCXXXVIII. Para dar a razão desta conformidade da lei á qual estão submettidas as dilatações dos gazes e dos vapores, basta notar que as affinidades que exercião entre si as moleculas de cada hum dos corpos, no estado de liquidez, e que contrabalançavão diversamente a força elastica do calorico, segundo as differentes naturezas dos mesmos corpos, são inteiramente destruidas, em virtude da passagem ao estado de fluidez. Não resta pois mais que a força elastica do calorico, que, achando as moleculas de todos os fluidos por assim dizer igualmente dispostas a obedecer-lhe, deve determinar huma marcha uniforme nas dilatações que tem lugar entre os mesmos limites de temperatura.

CCXXXIX. As indagações que viemos de expor não dão a razão da dilatação, mais que para os dois limites que correspondem aos extremos da temperatura. Resta determinar com exactidão o coefficiente que representa a dilatação relativa a cada grão do thermometro. Gay-Lussac

achou já que o coefficiente não era constante, e se propoz a emprehender hum novo trabalho, para conhecer a lei de suas variações.

CCXL. Dalton, continuando suas experiencias sobre os fluidos, chegou a outro resultado não menos notavel, porque conduz tambem a huma mesma escalla as forças elasticas dos diversos fluidos comparados entre si, em temperaturas particulares para cada hum delles (1). Eis-aqui em que consiste este resultado: tomando por termo commum a força que faz equilibrio á huma pressão dada, com a pressão media da athmosfera, a razão segundo a qual varia esta força, por differenças iguaes de temperatura, he a mesma para todos os fluidos. Assim o vapor aquoso, que a huma temperatura de 100° (C) (2), (80° R), ou ao termo da ebulição d'agoa, he capaz de suster huma pressão de 76 cent. (28 pol.), perde ametade de sua força, por huma diminuição de 16°, 6 (C), (13°, 3 R), em sua temperatura, e esta mesma força se acha dobrada, por hum augmento de temperatura igual a 22°, 2 (C), (17°, 8 R). Ora o vapor de qualquer outro fluido perde igualmente ametade de sua força, resfriando-se 16°, 6, abaixo do termo particular de sua ebullição, e adquire huma força dobrada aquecendo-se 22°, 2, acima do mesmo termo.

CCXLI. Escolhamos outra razão e façamos applicação ao vapor do ether e o d'agoa. Sabe-se que o ether entra em ebullição a 38°, 8 (C), (31°, 4R), isto he, que então seu vapor sustem mais que huma pressão de 30 cent. Tal he tambem a pressão que sustem o vapor aquoso, a 77°, 8 (C), (62°, 2 R); ora, tomando-se a differença entre 16, 6 e 38°, 8, que indicão, em razão ao ether, o termo de ebullição, acha-se que elle he de 22°, 2', como aquella que existe entre 77°, 8 e 100° que corresponde ao calor d'agoa fervendo.

D'outra parte, o vapor do ether aquecido até 63°, 8 (C), (51°, 4 R), faz equilibrio a huma pressão de 16 decim.; e o vapor aquoso tem a mesma força, quan-

(1) Bibliothéque Britan., N. 160, vol. 20, p. 343 et suiv.

(2) Em todas as indicações de temperatura que damos aqui a letra C designa o thermometro centigrado, e a letra R, o thermometro dito de Reaumur.

do sua temperatura he de 125° (C), (100° R). Ora cada huma destas duas temperaturas differe 25° da que corresponde á ebullição do liquido ao qual se reporta, esta differença sendo igual a 63°, 8 — 38°, 8 para o vapor do ether, e a 125° — 100° para o vapor aquoso. Assim vê-se em tudo os diversos fluidos sobre que obra o calorico, serem semelhantes entre si, na sua maneira de obedecer á sua acção, como se elles não fossem mais que hum fluido tomado em differentes estados de densidade.

VII. Das Dilatações e Contracções de diversos Corpos solidos, pelas Variações da temperatura.

CCXLII. Era hum axioma adoptado ha muito tempo, que o calor dilata os corpos e o frio os contrahe. Porém faltarão aos physicos conhecimentos conduzidos pelos progressos que a sciencia fez nestes ultimos tempos, para traduzir o axioma de que se trata nesta outra lingoagem, que offerece os dois phenomenos debaixo de seu verdadeiro ponto de vista: á medida que o calorico se accumula em hum corpo, separa as moleculas, lutando com vantagem contra sua afinidade mutua, e á medida que elle abandona hum corpo, a affinidade tornando-se superior, approxima as moleculas. Assim deve-se-nos reprezentar esta immensidade de corpos espalhados na natureza, como sendo suas moleculas sollicitadas por duas forças contrarias em combate huma com a outra, e das quaes cada huma domina ou cede alternativamente, de sorte que no meio de continuas alternativas de temperatura, estas moleculas fazem sem cessar oscillações á roda de suas espheras da actividade sensivel. Os effeitos ordinarios destas oscillações escapão aos nossos sentidos; mas ha circunstancias em que huma das duas forças prevalece de tal fórma á outra, que o augmento ou diminuição de volume, que he a consequencia, não deve ser desprezada, sobre tudo quando estas variações que em si mesmo são pouco consideraveis, se engrandecem nos resultados das observações a que está destinado hum mecanismo ou hum apparelho, cujas peças estão expostas, durante estas mesmas variações, á inconstancia da temperatura.

CCXLIII. Tem-se procurado determinar com muita particularidade as dilatações e contracções que esta causa faz soffrer a certas substancias de hum uzo mais frequente;

assim tem-se achado, que por cada grão do thermometro dito de Reaumur o ferro se dilata quasi $\frac{1}{75000}$ em todas as dimensões, o cobre $\frac{1}{43000}$, a platina $\frac{1}{92000}$, e o vidro $\frac{11}{1000000}$.

Regra de hum uzo facil nas Operações relativas ao mesmo objecto.

CCXLIV. Para avaliar a dilatação de huma das superficies de hum solido, quando se conhece a razão da dilatação da substancia de que elle he composto, multiplica-se a fracção que representa esta razão, pelo numero de gráos a que a temperatura tem sido elevada, depois toma-se o dobro do resultado; e para avaliar a dilatação de todo o volume, triplica-se o mesmo resultado; por exemplo, tendo-se huma massa de ferro que se tenha dilatado, passando de huma temperatura de 10° do thermometro dito de Reaumur, á de 15°, o que faz cinco gráos de elevação da temperatura, multiplica-se por 5 a fracção $\frac{1}{75000}$, que exprime a razão da dilatação do ferro; e triplicando-se o resultado, terse-há $\frac{15}{75000}$ ou $\frac{1}{5000}$, o que faz conhecer que o corpo se dilatou huma quantidade igual a $\frac{1}{5000}$ de seu volume. Os geometras verão facilmente que este methodo se reduz a considerar o corpo como hum parallelipipedo, cuja solidez seria o producto das tres dimensões deste corpo, e a procurar depois o accrescimo desta solidez, fazendo variar cada dimensão segundo a lei dada da dilatação, e despresando do resultado as quantidades afectadas de potencias que passão do primeiro gráo. O erro produzido por esta omissão he julgado nullo pelo que diz respeito a este genero de resultados (1). Suppõese, nestas avaluações, que o gráo de

(1) Sejão x, y, z, as tres dimensões do corpo, $\frac{1}{s}$ a

dilatação seguem sensivelmente as variações de temperatura; supposição permitida no cazo presente, porque os corpos que se considerão, tem huma temperatura moderada, e estão ainda longe da fuzão, onde a acção de calorico adquire huma tão grande preponderancia sobre a affinidade, que a dilatação toma huma marcha muito mais rapida que a da temperatura.

Os sabios distinctos que determinarão as novas unidades de medida e de pezo, sentirão quanto era interessante applicar este methodo aos resultados de suas operações. As reguas de platina destinadas a medir as bazes de cadea de triangulos, d'onde se deduzio o valor do arco do meridiano que atravessa a França, forão empregadas em differentes dias, em temperaturas differentes. O cylindro de latão que tem servido a fixar a unidade do pezo (61), não tinha a mesma temperatura quando se pezou n'agoa, que quando se avaliou sua solidez. O conhecimento da quantidade de que a platina e o latão se dilatão, por cada gráo do thermometro, fornecem meios de fazer desaparecer os pequenos desvios de temperatura, e de chegar aos mesmos resultados como se a observação tivesse precedido como a theoria.

Pendula compensadora.

CCXLV. Sabe-se quanto a dilatação e a condensação dos metaes, segundo as variações de temperatura, altera a regularidade do movimento dos relogios, augmentando ou diminuindo a verga da pendula, cujas oscillações se

---

razão da dilatação por hum gráo de temperatura, e n o numero de gráos de que a temperatura se elevou. Supporse-há que as quantidades x, y, z, se tornem, a primeira $x + \frac{x}{s}$, a segunda $y + \frac{y}{s}$, e a terceira $z + \frac{z}{s}$. Multiplicando-se estas tres ultimas quantidades huma pela outra, e supprimindo as frações cujo denominador he s^2 ou s^3, terse-há $xyz + \frac{3xyz}{s} - xyz$, ou $\frac{3xyz}{s}$, pela dilatação que corresponde a hum grão; logo a dilatação total será $\frac{3nxyz}{s}$.

achão pela mesma razão, retardadas ou acceleradas. Tem-se conseguido, por hum mecanismo ingenhoso fazer obrar esta cauza de irregularidade contra si mesmo, e fazer nascer de suas anomalias a constancia e a uniformidade. Este mecanismo consiste, em geral, em combinar com a verga de ferro da pendula, hum qualquer outro corpo metalico, que he ordinariamente o cobre, e dispor tudo de modo que quando a verga de ferro que suspende a lentilha, se estende ou se contrahe, o cobre experimentando semelhantes variações em sentido contrario, estabelece huma exacta compensação, cujo effeito he conservar o centro d'oscillação constantemente na mesma altura.

Outros exemplos de Dilatações ou de Contracções produzidas pelas mesmas cauzas.

CCXLVI. A influencia do calorico nas dimensões dos corpos se mostra em muitos outros factos, cuja observação nos he familiar. Huma mudança hum pouco notavel de temperatura altera o gráo de tensão das cordas nos instrumentos de muzica, seguindo outro gráo que aquelle que tinha sido regulado pelo afinador, e he precizo que, por huma nova operação, elle ajuste os sons, sem o que não póde haver harmonia.

CCXLVII. Póde fazer-se a dilatabilidade do vidro mui sensivel, por via de huma experiencia, cujo resultado surprehende sempre aquelles que a vem pela primeira vez. Tome-se hum tubo de vidro de pequeno diametro, terminado por huma bola da grossura de huma laranja, encha-se a bola e huma parte do tubo de hum licor corado, marca-se no tubo o lugar até onde chega este licor; prolonga-se a bola em hum vazo cheio d'agoa quasi a ferver, depois tira-se: no momento da immersão, o licor do tubo desce precipitadamente em huma quantidade consideravel; porém elle sobe hum pouco mais acima que a marca feita no tubo, desde que se tira a bola d'agoa quente. Nesta experiencia, o calor que se communica então ao vidro dilata as partes, o que augmenta a capacidade da bola, e faz descer o licor; a bola tirada depois d'agoa quente, e posta em contacto com o ar, se contrahe, e o licor que tem já adquirido huma pequena quantidade de calor, se eleva hum pouco acima do seu primeiro nivel.

A materia das louças que se fabricão para nossos uzos, sendo por si mesmo hum máo conductor do calor,

principalmente se seu tecido he compacto e serrado, resulta hum inconveniente que se torna mais ou menos sensivel, quando expomos estes vazos á acção do calorico. Este fluido, em consequencia do vagar com que se destribue, accumulando-se nos lugares que lhe offerecem hum mais livre accesso, tende a produzir nelle huma separação de moleculas; e suppondo-se que por precauções se evitão as rupturas que o fazem inutil, nelle se fazem, desde a primeira vez que se expõe ao fogo, muitas pequenas rachas, que se annuncião por huma especie de estalinhos, e que se tornão visiveis, formando como huma rede mui fina na superficie do verniz de que o vazo foi coberto. Hum tecido mais laxo e mais porozo remediará este inconveniente, porém o vaso se tornará mais quebradiço; de sorte que se não póde obter huma destas duas qualidades, a solidez e a resistencia á acção do fogo, senão á custa da outra.

VIII. Do Thermometro.

As mudanças de volume que soffrem os liquidos, segundo que a quantidade de calorico augmenta ou diminue no interior dos corpos, derão principio a hum instrumento precizo para o physico, que elle dirige em huma multidão de experiencias, e que se torna mesmo de hum uzo quasi geral, pelo interesse, que quasi todos os homens tem de o consultar. Este instrumento he o thermometro, que serve para medir os gráos de calor. Antes de sua invenção, não se tinhão senão indicios incertos e confusos sobre as variações da temperatura; limitava-se a comparar entre si os invernos os mais rigorosos e os estios os mais calmosos, depois de certos effeitos geraes que offerecião hum aproximamento quasi tão vago como são por si mesmo as expressões do frio e do quente. O thermometro nos subministra hum jornal fiel e detalhado das differantes estações de cada anno, e os differentes gráos de temperatura.

Origem do Thermometro.

CCXLVIII. Este instrumento, do qual se attribue a primeira idea a hum Hollandez chamado Drebbel, era então muito imperfeito, como são a maior parte das invenções humanas no seu principio. Elle consistia em hum tubo de vidro, terminado de huma parte por huma bola, e aber-

to na extremidade opposta. Prolongava-se por esta mesma extremidade, em hum licor corado; depois applicando a mão sobre a bola, para aquecer e dilatar o ar interior, obrigava-se huma porção deste ar a escapar-se a travez do licor; de sorte que quando se retirava depois a mão, o ar que restava, condensando-se pelo resfriamento, permittia ao licor o subir até a huma certa altura pela pressão do ar exterior. O instrumento se achava então em estado de servir, e era a dilatação do ar interior, ou sua contracção, em virtude das variações da temperatura, que, fazendo descer o licor suspenso no tubo, ou deixando-o subir, indicava estas mesmas variações. Porém he facil de sentir que este instrumento, cuja marcha era complicada justamente com os effeitos do thermometro e com os do barometro, não podia dar senão indicios incertos.

Thermometro de Florença.

CCXLIX. Lego os Physicos tratarão de aperfeiçoar este primeiro esboço, e fazer com que este instrumento não fosse mais que hum simples thermometro. Tal era o que se chamou *thermometro de Florença*, e que consiste em hum tubo de vidro, terminado da mesma fórma por huma bola, porém que se fechava hermeticamente, depois de se ter cheio até ao meio de hum licor corado.

Applicava-se depois este tubo a huma lamina graduada, e julgava-se da dilatação ou contracção do licor pelo numero dos gráos corridos. Porém como tudo era arbitrario, não só na construcção do thermometro, como na divisão da escalla, cada instrumento tinha huma linguagem que não podia ser entendida senão por aquelle que o consultava, e dois instrumentos, desta fórma construidos, não pódem servir de interpetres huns aos outros, nem pôr as observações em estado de se julgar se o calor tinha sido mais forte, ou o frio mais vivo em hum lugar do que no outro.

Condições necessarias para se obter hum bom Thermometro.

CCL. A perfeição do thermometro reside assencialmente na reunião das duas qualidades, das quaes huma he de ser comparavel comsigo mesmo, nos diversos movimentos do seu licor, e a outra de ser comparavel com todos os thermometros, construidos segundo os mesmos

principios, postos em climas differentes. Para conceber em que consiste a primeira qualidade, he preciso lembrar-se que o calorico communicado a hum corpo emprega huma parte de suas moleculas em elevar a temperatura deste corpo, e a outra em dilata-lo (148). A elevação de temperatura depende da quantidade de que a tensão do calorico sensivel foi augmentada; ora julga-se deste augmento de tensão pela quantidade de dilatação, que he o effeito da outra parte do calorico, isto he, do que se tornou latente. He precizo logo, para que a quantidade da dilatação possa dar a medida do augmento de tensão, que a parte do calorico que serve a dilatar o corpo seja proporcional ao que eleva a temperatura. Isto he o que não tem lugar na maior parte dos corpos, onde a razão entre a porção de calorico que dilata e a que aquece varia com a mesma dilatação; mas nós veremos que ha substancias nas quaes as duas partes varião por gráos sensivelmente proporcionaes, ao menos no intervallo comprehendido entre os limites das observações ordinarias.

Para se obter a segunda qualidade, que torna os diversos thermometros comparaveis entre si, he precizo que os movimentos do licor se combinem de tal sorte com a graduação, em cada hum delles, que quando a temperatura for a mesma, nos differentes lugares onde nós os suppomos colocados, todos elles indiquem o mesmo gráo de sua escalla. Para este fim he que são dirigidas pois as indagações dos physicos; as que dizem respeito á primeira qualidade, cuja influencia era tão desconhecida e despresada, tendião a processos delicados, reservados para o tempo em que a theoria do calorico, tão delicada por si mesmo no seu todo, teria chegado mais á sua perfeição. Antes de fazer conhecer a construcção que reúne huma e outra qualidade, descreveremos huma que corresponde a huma epoca memoravel na historia do thermometro, e que merece ser exposta, ainda mesmo depois de ter achado huma melhor.

Thermometro de Reaumur.

CCLI. Este celebre physico, imaginando seu thermometro, propoz-se a prehencher tres condições: huma era, qne a graduação partisse de hum termo constante, onde elle punha o zero do thermometro; a segunda, que os gráos tivessem huma razão determinada com a capacida-

de, tanto da bola, como da parte do tubo situada entre esta bola e o ponto de zero; a terceira, que o alkohol que elle empregava tivesse hum grão conhecido de dilatabilidade a que se pudesse sempre conduzir. Elle tinha a fazer escolha entre dois termos constantes, que desde então tinhão sido notados, a saber, o calor d'agoa fervendo, e o frio produzido pela congelação d'agoa. Decidio-se em favor do ultimo como sendo o que parecia dar o limite natural entre o quente e o frio, e escolheo, para o determinar, o instante da congelação artificial d'agoa, por meio de huma mistura de gelo e de sal marinho. Substituio-se depois a este termo o do gelo que se funde, que he pelo menos tão fixo.

Réaumur servio-se d'agoa commum para graduar seu thermometro. Elle enchia então desta agoa a bola e huma parte do tubo, e se arranjava de modo, que a quantidade d'agoa empregada fosse mil vezes tão grande como a que podia ser contida em huma pequena medida tomada por unidade. Tendo marcado zero no lugar em que finalizava a agoa, elle se dispunha a traçar os gráos, principiando pelos da condensação. Nesta idéa, elle fazia logo sahir do tubo huma tal quantidade d'agoa, que podese encher exactamente huma medida que contivesse hum certo numero de vezes a unidade. Supponhamos que esta medida fosse de 25 unidades; devia ahi haver, neste caso, 25 gráos de condensação no thermometro. Elle se servia da medida elementar para obter estes gráos, de sorte que cada elevação d'agoa, no interior do tubo, produzida pelo derramamento de huma medida elementar, determinava a grandeza de hum grão. Nesta segunda operação, Réaumur substituia o mercurio á agoa, porque elle não se péga ao vidro, e resulta mais exactidão. O mercurio, cahindo no fundo da bola, fazia subir outro tanto o liquido contido no tubo. Pelo mesmo processo, Réaumur conduzia a graduação até 80° acima de zero. Elle preferia graduar desta fórma o tubo, fazendo n'elle entrar successivamente quantidades iguaes de liquido antes que continuar a divisão, pela grandeza conhecida de hum só gráo, por não haver que recear das desigualdades interiores do tubo e das variações do seu diametro.

A graduação huma vez estabelecida, Réaumur despejava o tubo, e lhe lançava alkohol até a altura de 4 ou 5 gráos acima de zero, depois prolongava a bola na agoa contida em hum vaso de lata que elle cercava de gelo artificial. No momento em que a agoa principiava a

congelar-se, Réaumur observava o ponto onde acabava o alkohol, e segundo que este liquido se achava hum pouco acima ou abaixo de zero, elle o fazia sahir ou ajuntava até que sua altura no tubo coincidisse exactamente com o ponto de zero.

Vê-se por estes detalhes, que por hum gráo de calor, o alkohol se dilatava em huma quantidade igual a huma millesima parte daquella que, no momento da congelação, enchesse a bola e a parte do tubo comprehendida entre esta bola e o ponto de zero.

A operação se limiraria aos processos que viemos de descrever, se todos os alkoholes tivessem a mesma qualidade e a mesma dilatabilidade. Mas como não se devia attender a estas ventagens, faltava fixar a quantidade da dilatação de que o alkohol, empregado na construcção do thermometro, devia ser susceptivel. Eis-aqui como Réaumur foi conduzido a esta determinação. Tendo prolongado por muitas vezes hum tubo cheio d'alkohol até huma certa altura em agoa que se hia aquecendo de mais em mais, e acabava por ferver; tinha notado que quando os cachões que o calor excitava no alkohol mesmo se tinhão moderado, depois que o tubo se tirava d'agoa, o alkohol se achava sempre mais alto que antes da immersão; porém esta dilatação não tinha lugar senão até hum certo termo, passado o qual, logo que a fervura tinha cessado, o licor tornava a tomar seu nivel. Tinha olhado como hum termo fixo para cada especie d'alkohol, esta dilatação, que era a maior que o liquido pôde experimentar pelo calor d'agoa fervendo, quando elle mesmo não fervia; resultava disto, que havia, relativamente a hum alkohol dado, huma razão constante entre o volume do liquido, que correspondia ao termo da congelação, e ao do mesmo liquido, dilatado o mais que era possivel, sem ferver. Esta razão era maior para o alkohol rectificado, e diminuia quando se tinha enfraquecido o alkohol por huma mistura d'agoa. Ora Réaumur se conteve na razão de 1000 para 1080, que não podia convir senão a hum alkohol hum pouco diluido n'agoa, e faltava saber-se pelas apalpadelas o gráo de mistura que dava esta razão.

Vê-se por isto que Réaumur não tinha empregado senão secundariamente o calor d'agoa fervendo, e que o gráo 80 no seu thermometro estava necessariamente posto mais abaixo que no thermometro ordinario, pois que he precizo hum calor menor que o d'agoa fervendo pa-

ra elevar o alkohol ao grão onde elle está no ponto de ferver.

A construcção da qual viemos de fallar foi geralmente recebida. Não se fallava senão do thermometro de Réaumur; e formou-se huma liga tão intima entre o nome do inventor e o do instrumento, que hoje mesmo ainda, os thermometros de que nos servimos são chamados *thermometros de Réaumur*, ainda que elles não sejão feitos segundo o seu methodo.

Thermometro moderno, uzado em França.

CCLII. A marcha deste novo instrumento se repporta a dois termos fixos, dos quaes hum, que serve de ponto de separação, não differe do que empregava Réaumur, senão pela circunstancia em que se acha a agoa, cuja temperatura determina este mesmo termo, e que está em estado de gelo a fundir-se, e não em estado de congelação principiada; o outro, que dá o limite opposto, he o calor d'agoa fervendo. Escolhe-se o tubo do melhor calibre que he possivel, e divide-se logo em 80° a distancia comprehendida entre os dois termos fixos, depois continua-se a mesma divisão abaixo de zero. No thermometro que se chama *centigrado*, a distancia de que fallamos he dividida em cem partes.

Este methodo reune ao merecimento de huma maior exactidão, o da simplicidade, porque elle conduz unicamente a construcção do thermometro á cauza mesmo das variações deste instrumento, e ás duas epocas em que a agoa, tomando de repente huma nova fórma, adverte o physico da existencia do ponto fixo que elle procura saber. Devemos observar, neste assumpto, que a pressão do ar não influe sensivelmente sobre o primeiro limite, que he o gráo do gelo a fundir-se, em lugar do que he necessario attender a esta pressão para determinar o limite opposto, porque á proporção que a agoa he mais ou menos comprimida, ella entra em ebullição por huma temperatura mais alta ou mais baixa. Tem-se escolhido a pressão que corresponde a huma altura de 28 poiegadas no barometro, porque he a pressão media, ou a que tem lugar communmmente no beira-mar.

He facil vêr agora que os dois limites sendo os mesmos nos differentes thermometros construidos segundo estes principios, e os gráos da escalla, em todos estes thermometros, tendo partes proporcionaes á distancia entre

tre os dois limites, as indicações dadas pelos movimentos do licor se repportarão entre si, qualquer que seja a distancia de que se tratar. A graduação se tornará por este modo como huma linguagem de commercio entre todos os thermometros; de sorte que se dois destes instrumentos postos, hum em Pariz, outro em Amstardam, indicarem differentes gráos, cada hum delles fallará precizamente como teria feito o outro na mesma posição.

Mercurio preferivel ao Alkohol para a construcção do Thermometro.

CCLIII. Uzou-se por muito tempo do alkohol, como tinha feito Réaumur, para haver huma columna de liquido, cujas elevações e abatimentos indicassem as diversidades da temperatura. Nós descrevemos (251) o processo, por meio do qual o mesmo physico se tinha esforçado para remediar o inconveniente que tem esta substancia de variar, em sua pureza e em sua densidade, segundo os differentes processos que se empregão para o obter. Porém não se podia estar certo da exactidão deste processo, além do incomodo das tentativas que exigia. Assim os thermometros, relativamente a isto, deixão incerteza na concordancia que devia haver entre elles. Mas o alkohol tem outro inconveniente, que tinha escapado aos observadores; consiste em que a marcha do thermometro construido com este liquido não he conforme á da temperatura, de sorte que as dilatações progressivas deste mesmo liquido marcão gráos sensivelmente desiguaes, durante variações iguaes de temperatura; e aqui torna a vir a primeira condição da qual fallámos (250), e sem a qual cada thermometro deixa de ser comparavel com sigo mesmo. Restanos fazer ver que o mercurio prehenche com vantagem o alkohol por todas as razões.

He logo facil conceber que este metal liquido, quando he purificado, mostra no seu todo huma homogeneidade e huma densidade uniforme. Tem-se de mais conhecido que sua marcha, no thermometro, offerecia differenças sensiveis com a do alkohol, e o celebre Deluc fez experiencias que lhe parecerão provar que estas differenças provinhão de que o alkohol experimentava anomalias de que o mercurio estava quasi exempto. Nestas experiencias, elle misturava duas massas iguaes d'agoa, tendo differentes temperaturas, huma por exemplo de 75° do thermometro em 80 partes, a outra de 6°, que era

ao mesmo tempo a do ar ambiente. A temperatura que devia tomar a mistura era, segundo o mesmo physico a medida entre as temperaturas das duas massas separadas, isto he, que era igual á semi-somma $40^{\circ} \frac{1}{2}$ das temperaturas extremas. Ora Deluc tendo prolongado na mistura hum thermometro de mercurio que tinha servido para determinar as temperaturas particulares das duas massas da agoa, notou que o instrumento indicava huma temperatura que não differia da media senão em que era hum pouco abaixo.

CCLIV. Porém a experiencia que se fazia para julgar do thermometro de mercurio, peccava por defeito de exactidão. Para o conceber, notemos que a agoa quente, neste caso, não chega a equilibrio de temperatura com a agoa fria, senão cedendo a esta ametade do calorico que determina a differença de 69° entre as duas temperaturas. Ora nós temos fundamento para crer que a parte desta mesma ametade que serve para dilatar a agoa fria, he maior que aquella que, por sua separação, occazionou a contracção d'agoa quente (1). He precizo pois que reciprocamente a parte cuja separação dá lugar ao resfriamento d'agoa quente seja maior que a que he empregada em aquecer a agoa fria, pois que a somma das duas partes he igual à quantidade de calorico que passou da agoa quente para a agoa fria. Logo a temperatura da primeira abaixa mais, do que a da segunda não se eleva; do que se segue que a temperatura da mistura deve ser abaixo da media.

CCLV. O celebre Laplace achou no thermometro de ar o verdadeiro termo de comparação que devia servir pa-

---

(1) A porção de calorico cuja perda determina a agua quente a contrahir-se, he igual á que, partindo do ultimo termo da contracção, conduzia esta agua ao seu primeiro estado de dilatação. Ora a affinidade das moleculas desta mesma agoa opporia menor resistencia á força dilatante da porção de calorico de que se trata, do que a affinidade das moleculas d'agoa fria não oppõe á força do calorico que serve para a dilatar, porque a huma mais baixa temperatura as moleculas aquosas estão menos apartadas humas das outras. Logo a porção de calorico cuja perda occaziona a contracção d'agoa quente deve ser menor que a que obra para dilatar a agoa fria.

ra verificar a marcha do mercurio (1). Supponhamos que huma massa d'ar receba successivamente novas quantidades de calorico, e que ao mesmo tempo se obrigue a que não occupe maior espaço do que elle tinha. He muito provavel que os augmentos da força elastica sejão proporcionaes ás elevações de sua temperatura, pois que huma e outra dependem da acção do calorico. Ora se o ar, em lugar de ser obrigado sómente ao mesmo espaço, possa dilatar-se, ficando submettido a huma pressão constante, suas dilatações serão proporcionaes aos accrescimos que receber sua força elastica, na hypotese de uniformidade de volume; do que se segue que elles estarão tambem em razão das elevações da temperatura, o que faz o caracter de hum thermometro sempre concorde comsigo mesmo.

Eis-aqui agora de que modo Gay-Lussac, sobre a invenção de Laplace, comparou a marcha do thermometro de mercurio, com a do thermometro d'ar. Tendo escolhido hum tubo de vidro exactamente equilibrado terminado em bola de huma parte e aberto da outra, introduzio no seu interior huma gota de mercurio, que se achava desta fórma submettida de huma parte á pressão do ar contido na parte do tubo abaixo delle e na bola, e da outra parte á pressão da athmosfera. A' medida que o ar interior variava em sua temperatura, os movimentos da gotta de mercurio fazião conhecer o quanto elle se dilatava ou se contrahia.

O apparelho destinado para as experiencias era hum vaso cheio d'agoa na qual o tubo se achava prolongado horizontalmente, de maneira que a parte do orificio aberto sahia para fora do vaso por hum boraco circular feito na parede lateral. Determinou-se logo relativamente ao ar contido no tubo, o termo do gelo a fundir-se e o da agoa fervendo, e fez-se a mesma operação em hum thermometro de mercurio. Dividio-se depois, em cada thermometro, em duas partes iguaes, o intervallo entre os dois limites, o que deu de huma e outra parte o grão 50 da divisão em 100 partes.

Ora os dois thermometros prolongados no benho da agoa que se tinha aquecido progressivamente, indicarão ao mesmo tempo este grão, com ligeiras differenças, que, em vinte experiencias successivas, se acharão humas vezes em mais, outras vezes em menos, e derão huma quan-

(1) Traité de Mécanique Celeste, t. 4, préface, p. 21.

tidade quasi nulla por resultado medio. Deve-se concluir que a marcha dos dois thermometros he a mesma, ao menos de zero té ao termo d'agoa fervendo, e desta fórma o thermometro d'ar, cuja exactidão he como abonada pela natureza mesmo deste fluido, mas sua execução seria mui difficil, serve de sua parte de abono ao thermometro de mercurio; e he bom que este metal já tão notavel pela acção do calorico, por conserva-lo em hum estado de liquidez habitual, o seja duplicadamente, pela regularidade com a qual esta acção se exerce em dilata-lo.

CCLVI. Depois de tudo quanto viemos de dizer, he para desejar que o uzo dos thermometros de mercurio se torne geral; não se empregará o thermometro d'alkohol senão no cazo em que se quizer fazer observações por hum frio artificial maior que o de 32°, que determine a congelação do mercurio. Pelo que diz respeito a este ultimo effeito, nós reservalo-hemos para o expôr quando fallarmos da congelação d'agoa, que he accompanhada de circunstancias, cuja opposição com as que apprezenta o mercurio no mesmo cazo, nos tem obrigado a reunir os dois phenomenos debaixo de hum mesmo ponto de vista.

Observações sobre o ar que poderia ficar no tubo do Instrumento.

CCLVII. Alguns physicos pensarão que quando se deixava ar entre o licor do thermometro e o alto do tubo, as dilatações deste fluido, pela acção do calor, oppunhão ás do mercurio ou do alkohol, hum obstaculo que alterava a regularidade destes. Entretanto a observação faz vêr que este obstaculo he nullo, e a theoria só indica que o deve ser; porque o ar não poderia obrar, neste cazo, nos liquidos, senão como comprimente. Ora sabe-se que os liquidos resistem sensivelmente á compressão, e esta resistencia tem lugar igualmente em todas as temperaturas; e porque os fluidos, pelo contrario, se deixão comprimir com muita facilidade, será então o mercurio ou o alkohol que forçara o ar a contrahir-se e cederlhe o lugar.

Thermometros de Fahreinheit e de Delisle.

CCLVIII. Achão-se frequentemente nas obras dos physicos estrangeiros, resultados de observações relativas a dois outros thermometros, dos quaes não será inutil dar

aqui huma noção, para pôr cada hum em estado de traduzir sua linguagem na do thermometro uzado entre nós.

O primeiro he o thermometro de Fahreinheit, que he de mercurio, e que tem por termos fixos o grão da congelação forçada pelo muriato amoniacal, e o que corresponde ao calor d'agoa fervendo. O intervallo entre estes dois termos he dividido em 212 partes; resulta que o 32° grão coincide com o zero do nosso thermometro, o que dá 180° desde este mesmo termo até ao d'agoa fervendo. Assim, 9 gráos de Fahreinheit valem 4 gráos do thermometro dividido em 80 partes, e 5 gráos do thermometro centigrado; o que he sufficiente para fazer a approximação entre os resultados dados pelos dois instrumentos.

CCLIX. O outro thermometro he o de Delisle, no qual este physico empregava tambem o mercurio; não tinha mais que hum só termo fixo; que era o d'agoa fervendo, onde estava posto o seu zero. Os gráos de condensação abaixo deste termo erão as decimas-millesimas da capacidade da bola e da parte do tubo que se terminava no zero. O gráo a que se rapportava a temperatura do gelo a fundir-se, e que corresponde ao nosso zero, era de 150° da escalla descendente no thermometro de Delisle; donde se segue que 15° deste thermometro correspondem a 8° do thermometro dividido em 80 partes, e a 10° do thermometro centigrado; de sorte que relativamente a este, a razão reduzida á sua maior simplicidade he a de 3 para 2.

As multiplicadas indagações emprehendidas pelos physicos, na idéa de aprefeicionarem o thermometro, só bastão para provar o merecimento deste instrumento. Elle tem servido a patentear-nos huma immensidade de factos interessantes. Sua presença he indespensavel em huma multidão de experiencias, para comparar as temperaturas dos corpos que se empregão, ou determinar as mudanças que sobrevem na que elles tinhão primitivamente. He sempre util recorrer a estes indicios para conhecer o calor que convem ao quarto de hum doente, á agoa do banho, a huma estufa, a hum sitio quente, seja que se queira apressar a vegetação das plantas indigenas, ou conservar as plantas exoticas. He, por assim dizer, hum instrumento social, que cada hum gosta consultar sobre hum ponto tão importante como as variações que experimenta a temperatura do fluido no meio do qual nós vivemos; e quando estas variações se estendem muito alem

dos limites ordinarios, o indicio do thermometro se torna em hum interesse geral: a relação que cada hum faz do que observou no seu, he hum dos objectos de que mais promptamente se lança mão nas conversações familiares.

IX. Dos Vapores, e de sua mistura com os Gazes.

CCLX. Seria difficil citar hum phenomeno mais geral e mais extenso, do que o da diminuição de volume que soffrem os liquidos expostos ao ar. Todas as aguas estagnadas, todas as que sua corrente transporta de hum para outro lugar, deixão continuamente escapar moleculas que se elevão de todos os pontos de sua superficie, de que a athmosfera se torna como o reservatorio. Este phenomeno que se chamou *evaporação*, se repete mesmo, a cada instante, á nossa vista, no meio dos cuidados que levão comsigo as necessidades ou commodidades da vida; e não ha ninguem que não tenha notado que se accelera pela acção do calor, ou multiplicando os pontos de contacto do liquido com o ar, e que para o prender, e fixar, de certo modo, o volume do liquido, não he precizo mais que tapar exactamente o vazo que o contém.

A desenvolução deste asumpto, que no progresso das descobertas modernas, comprehende as misturas de todos os vapores com todos os gazes, nos parece tanto melhor posto aqui, como ramo da theoria do calorico, quanto a acção deste fluido só he sufficiente para a hypotese que explica os phenomenos de modo o mais verosimil. Mas antes de nos occupar esta explicação, he precizo expôr os resultados das observações e das experiencias feitas pelos physicos que melhor estudarão a marcha e as circunstancias da evaporação.

Resultado constante que offerece a formação dos Vapores.

Temos já tido occazião de debuxar o painel do que se passa neste cazo, tomando a agoa por exemplo. Temos visto que em todas as temperaturas se fórma huma certa quantidade de vapôr aquozo, cujas moleculas separadas humas das outras pela força elastica do calorico, e achando-se no mesmo cazo que se ellas se repellissem mutuamente, se elevão no ar, a favor dos numerosos intersticicios que as moleculas deste fluido deixão entre

si. Dissemos que a acção do calorico em produzir a evaporação he mais ou menos contrabalançada pela resistencia do ar, até hum certo limite, passado o qual esta resistencia sendo inteiramente vencida, o liquido entra em total ebullição, e a temperatura que até então se tinha elevado, ao passo que o liquido se aquecia, se fixa a 80° de Reaumur ou a 100° do thermometro centigrado, debaixo da pressão media da atmosfera (195 e 196).

CCLXI. Ora o vapor que se forma lentamente em todas as temperaturas inferiores, não differe em si mesmo do que produz a agoa fervendo ao ar livre; elle não tem nada que o destinga do que se fórma durante a ebullição que tem lugar no vacuo, em huma temperatura qualquer.

CCLXII. Mas aqui se apprezenta hum novo ponto fixo, tanto mais notavel, quanto elle deve contar por muito entre os dados que a observação fornece á theoria. Consiste em que a quantidade de vapor que se fórma em hum espaço e a hum grão de temperatura determinados; he constantemente a mesma, seja que este espaço se ache occupado por hum ar mais ou menos denso, ou por hum gaz qualquer, seja que nelle se faça o vacuo. Desta fórma, depois das experiencias de Saussure, o vapor que se desenvolve em hum pé cubico d'ar, na temperatura de 15° de Reaumur, fórma hum pezo de quasi 10 grãos. Quer mude a densidade do ar, quer se substitua por outro gaz, quer se supprima sem nada lhe substituir, haverá sempre 10 grãos d'agoa empregados a fornecer a quantidade de vapor, que se espalhará no mesmo espaço, suppondo que a temperatura seja ainda de 15° de Reaumur.

CCLXIII. Para se chegar ao resultado que viemos de expôr, Saussure se servia de hum ballão de vidro, do qual tinha medido a capacidade; nelle deixava entrar o ar que elle desecava o mais que era possivel, depois introduzia neste ar huma linha embebida d'huma quantidade d'agoa de que tinha avaliado o pezo. Hum hygrometro (1) era posto no mesmo ballão, e no momento em que elle tinha tocado o *maximum* d'humidade, fazia conhecer que a agoa de que a linha estava embebida tinha

(1) Este instrumento do qual daremos na continuação a descripção, he destinado a indicar os differentes grãos d'humidade do ar, segundo o alongamento que soffre hum cabelo, de sorte que quando este alongamento he o maior possivel, julga-se que o ar tem chegado ao seu ponto de saturação relativamente á agoa.

fornecido todo o vapor que o ar do ballão podia conter, na temperatura indicada por hum thermometro, que tinha tambem seu lugar no interior do ballão; depois do que não restava mais do que avaluar a perda que a agoa tinha experimentado, e dividi-la pelo numero de pés cubicos, que representava a capacidade do ballão (1).

Hum terceiro instrumento, isto he, hum manometro (2), que tinha tambem o ballão, servia ao mesmo tempo a contastar outro facto não menos interessante, he, que a prezença do vapor augmenta a elasticidade do ar. Na experiencia da qual temos citado o resultado, o ar secco fazia equilibrio, por sua força elastica, á pressão de huma columna de mercurio de quasi 27 polegadas, e, depois da formação do vapor, a altura da columna era de 27 polegadas e 6 linhas. Saussure concluio desta observação, que o vapor espalhado no ar submettido á experiencia, era hum fluido elastico capaz por isso só de fazer equilibrio a huma pressão medida pelo augmento d'elasticidade que elle communicava ao ar, ou, o que he o mesmo, medida por seis linhas de mercurio; de sorte que no vacuo, a elasticidade do vapor teria feito subir realmente o manometro esta quantidade.

Outras experiencias provarão que o pezo d'agoa empregada a fornecer o vapor he constantemente o mesmo, em igual espaço, por hum mesmo gráo do thermometro,

---

(1) Essais sur l' Hygrométrie, numeros 97 et suiv.

(2) Esta palavra he huma especie de sobrenome dado ao barometro, e relativo a hum uzo particular deste instrumento. Diremos aqui por anticipação, que o barometro he composto principalmente de hum tubo de vidro de quasi 80 centimetros ou 30 polegadas de altura, tapado em cima, no qual se eleva huma columna de mercurio, que nelle he sustida pela pressão que a athmosfera exerce nella em virtude de seu pezo. A' medida que este pezo augmenta ou diminue, a columna se alonga ou se contrahe: disto vem o nome de *barometro*, que significa *medida do pezo*. Agora suppondo-se o barometro fechado em hum espaço onde o ar esteja opprimido, este fluido não obrará senão por sua força elastica sobre a columna de mercurio, que se alongará ou se contrahirá, segundo que a força elastica do ar augmente ou diminue. Neste cazo, o instrumento toma o nome de *manometro*, que significa *medida da raridade*, porque a força elastica do ar varia, segundo que este fluido he mais ou menos raro.

qualquer que seja a densidade do ar no qual o vapor está espalhado. A temperatura determina só a quantidade deste vapor; ella a augmenta elevando-se, e a diminue abaixando-se.

CCLXIV. Isto exige algumas explicações, para bem conceber esta relação entre os gráos da temperatura e as quantidades correspondentes do vapor que admitte hum espaço dado. Imaginemos que este espaço sendo logo cheio d'ar secco, se acha situado acima de huma massa d'agoa, a huma temperatura qualquer, que seja a mesma relativamente ao ar: no momento em que as moleculas d'agoa se desprendem da superficie deste liquido, para se converterem em vapor, suas distancias respectivas não excedem ainda o raio de sua esphera d'actividade sensivel; e parece que, mesmo depois da formação de todo o vapor que permitte o espaço de que se trata, a distancia que separa humas das outras he hum pouco menor que o mesmo raio. Durante que o vapor se forma, o calorico situado por baixo da superficie d'agoa obra por sua elasticidade para sublevar a camada exterior deste liquido; ora o effeito desta elasticidade he diminuido pela affinidade da mesma camada para a agoa posta abaixo della. D'outra parte, o calorico interposto entre as moleculas do vapor já formado obra nellas por sua força elastica, e o effeito desta força póde ser tomado como huma pressão que o vapor exerce sobre a agoa ainda liquida. Ora esta mesma força he tambem diminuida pela affinidade do mesmo vapor. Designemos por C a força elastica do calorico contido n'agoa, por F a affinidade reciproca das moleculas deste liquido, por *c* a força elastica do calorico interposto no vapor, e por *f* a affinidade reciproca das moleculas deste vapôr. Nós poderemos representar por C menos F a força do calorico contido n'agoa para produzir novo vapor, e por *c* menos *f* a pressão que o vapôr já produzido exerce n'agoa ainda liquida, he evidente que a formação do vapsr acabará no termo em que elle se equilibrar entre C menos F, e *c* menos *f*.

Estando as cousas neste estado, supponhamos que a temperatura de todo o systema se eleva hum certo numero de gráos, e que ao mesmo tempo o espaço que he occupado pelo vapor diminue. A elasticidade do calorico interposto entre as moleculas do vapor achando-se augmentada pela elevação da temperatura, permittirá que estas moleculas se approximem sem se resolverem em agoa, ainda que então haja huma attracção maior de humas pa-

ra as outras. Por huma consequencia necessaria, a pressão do vapor sobre a agoa ainda liquida crescerá, se bem que d'outra parte o calorico incluido nesta agoa obrará com mais energia para sublevar a camada exterior. Pode-se logo conceber que a diminuição do espaço seja tal, que se estabeleça hum novo equilibrio entre as acções ás quaes a agoa liquida e o vapor estão submettidos, isto he, entre C menos F e *c* menos *f*. Agora suppondo-se o espaço constante, he visivel que durante a elevação de temperatura, se formará novo vapor, cujas moleculas se intercalaráõ entre as do primeiro, até que a densidade seja a mesma que na hypothese da diminuição de espaço, isto he, que a temperatura elevando-se determina hum augmento na quantidade de vapor que permitte hum espaço dado.

As paredes do vaso que contêm o vapor, oppõem á força elastica deste huma reacção igual á força do calorico incluido n'agoa, menos a affinidade d'agoa para si mesmo; d'onde se segue que suppondo-se que, o equilibrio sendo estabelecido, o vaso se contrahe de todos os lados, o equilibrio subsistirá. Neste cazo, a continuação do vaso, no lugar que era occupado pela agoa, se julga substituir a ultima camada deste liquido.

CCLXV. Tudo será do mesmo modo, se se suppõe que o espaço que nós consideramos aqui seja purgado d'ar, á excepção de que a formação do vapor sendo mais rapida, o equilibrio se estabelecerá mais depressa. A resistencia do ar não he mais do que hum obstaculo de certo modo mecanico, que, julgando-se nullo em todos os lugares em que este fluido deixa intersticios livres, permitte ás moleculas do vapor elevarem-se, como fariãõ no vacuo, de sorte que ellas ahi se collocão nas mesmas distancias respectivas, e exercem a mesma pressão sobre a agoa ainda liquida, como se o ar não existisse. Isto se esclarecerá ainda por detalhes que daremos ao depois.

CCLXVI. Façamos agora variar o espaço deixando subsistir a temperatura, e imaginemos para mais simplicidade, que este espaço esteja ainda purgado do ar, de sorte que n'elle não haja mais que vapor. Suppondo-se que elle se acha diminuido, por exemplo, de ametade, logo a ametade das moleculas do vapor padeceráõ huma approximação, que dará lugar á separação d'uma parte do calorico interposto entre ellas, de sorte que ellas se reduziráõ a agoa. A diminuição do espaço he que produz nas moleculas huma tendencia a approximarem-se. Mas se es-

ta tendencia tivesse seu effeito, o resto do espaço se demoraria vazio, e logo nelle se formaria huma nova quantidade de vapor igual á ametade do que occupava primitivamente a totalidade do espaço. Esta quantidade de vapor se conservará pois, em consequencia de que ella não poderá ser destruida sem renascer no mesmo instante.

Em lugar de diminuir o espaço augmentemo-lo, por exemplo, o dobro. A agoa que nós supposemos posta por baixo, ficando sempre na mesma temperatura, principiará a fornecer o vapor, de maneira que a quantidade primitiva se achará tambem dobrada; conservando a mesma densidade que d'antes. Mas se o vapor he reprimido de todos os lados ao mesmo tempo que o espaço augmenta, suas moleculas se apartaráõ humas das outras para continuar a enche-lo, e haverá hum termo em que ellas chegaráõ a distancias maiores que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel. Se o espaço torna ás suas dimensões primitivas, as moleculas do vapor se approximaráõ, recuperando suas primeiras distancias respectivas, sem que alguma porção se reduza a agoa. Para que este effeito tivesse lugar, seria precizo que o espaço diminuisse em huma razão maior que a do seu augmento precedente.

CCLXVII. Desta maneira deve-se conceber que a separação das moleculas do vapor espalhado em hum espaço dado, he menor que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel, todas as vezes que a quantidade deste vapor he igual á que se pode formar livremente no mesmo espaço. Este termo pode ser tomado como o da saturação do espaço de que se trata, ou do ar que nelle se acha, pelo gráo ao qual se eleva a temperatura do vapor. Designou-se este, no mesmo cazo, com o nome de *vapor nascente*, por distingui-lo do vapor propriamente dito, cujas moleculas estando a distancias respectivamente maiores que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel, não estão submettidas a outra força mais que á elasticidade do calor.

Lei da Dilatação dos Gazes, por sua união com os Vapores.

CCLXVIII. Segue-se do que se disse mais acima, que huma massa d'ar saturada d'agoa em vapôr a 15°, exige huma pressão de 27 polegadas $\frac{1}{2}$, para continuar a

estar encerrado no espaço, onde huma pressão de 27 polegadas seria sufficiente antes para o conservar. Concebamos pois que elle não está carregado sênão com esta ultima pressão. O ar cuja força elastica se acha augmentada por sua união com o vapor, soffrerá huma dilatação, que fará crescer seu volume, até que sua força elastica não seja capaz senão de fazer equilibrio á pressão de 27 polegadas de que está carregado.

CCLXIX. Isto nos conduz a expor os resultados de huma serie de indagações emprehendidas pelo celebre Dalton, e que dão huma grande estensão ás de Saussure. O fim destas indagações he determinar qual he a dilatação dos gazes por sua união com os vapores; porque aqui o phenomeno que appresenta o ar não he ainda mais que huma modificação particular de huma lei commum a que estão submettidas todas as substancias gazozas, de sorte que este fluido, depois de ter sido unico objecto das experiencias deste genero, não tem outra distincção mais do que a facilidade de poder servir de exemplo.

CCLXX. Eis-aqui em que consiste o problema que Dalton se propoz a rezolver: supponha-se huma massa de hum gaz qualquer, submettida a huma pressão determinada, e posta por cima de hum liquido cuja temperatura he dada; conhecendo-se a força do vapor que produz o liquido n'esta mesma temperatura, quer-se saber em que razão augmentará o volume do gaz pela mistura do vapor.

CCLXXI. Nas experiencias relativas a isto (1). Dalton se serve de hum tubo de vidro direito, tapado em huma das extremidades, e dividido em partes iguaes. Introduz neste tubo algumas gottas do liquido, que elle quer submetter á evaporação, e introduz no mesmo tubo hum gaz, que elle carrega de huma columna de mercurio mais ou menos alta, segundo o objecto que elle tem em vista. Prolonga depois a extremidade tapada do tubo em huma agoa cuja temperatura he conhecida; depois elle determina, conforme a ascensão da columna de mercurio, a expansão do gaz, á medida que o vapor obra nelle em separar suas moleculas.

CCLXXII. Concebamos que a pressão com a qual a forelastica do gaz, que supporemos ser o ar commum, faz agora equilibrio, seja igual á de huma columna de mer-

(1) Bibliothéque Britannique, n. 160, vol. 20, p. 338 et suiv.

curio de 27 polegadas, e que o vapor, que será, por exemplo, o d'agoa, seja capaz de suster só huma pressão de 6 linhas, sendo a temperatura de 15° de Reaumur. A' medida que o vapor se elevar no ar, este fluido se dilatará, e, durante todo o tempo de sua dilatação, se formará huma nova quantidade de vapor proporcional ao augmento de volume, de modo que a força elastica do vapor será constantemente igual a huma pressão de 6 linhas. Ora, no fim da dilatação, a força elastica do ar, diminuida por esta mesma dilatação, junta á força elastica constante do vapor, fará de novo equilibrio á pressão de 27 polegadas, isto he, que a força elastica do ar, que então era exprimida por esta mesma quantidade de 27 polegadas, não o será mais que por 26 polegadas e 6 linhas. Logo, porque os volumes estão em razão inversa das forças de elasticidade, o volume do ar, depois da dilatação, estará para o volume primitivo como 27 está para $26\frac{1}{2}$, ou como 54 está para 53, e n'outros termos, como a força da elasticidade do ar, no seu estado primitivo, está para a differença entre esta mesma força e a do vapor (1). Este he o resultado a que nos conduz a experiencia de Saussure.

Supponhamos que a pressão de que o ar está carregado, ou o que he o mesmo, a força da elasticidade deste gaz, antes da experiencia, não seja mais do que de

---

(1) Seja P a pressão que sustinha o ar antes da experiencia, ou, o que se torna o mesmo, a força de elasticidade que tinha então este fluido; P' a pressão que o vapor só he capaz de suster, ou sua força de elasticidade; V o volume primitivo do gaz, e V' o volume depois da dilatação. Neste ultimo cazo, a força de elasticidade do ar se achará reduzida a $P - P'$, e porque os volumes são reciprocos ás forças de elasticidade, ter-se-há $V' : V :: P : P - P'$, d'onde se tira $V' = \frac{VP}{P - P'}$, e $V' = V + \frac{VP'}{P - P'}$, que he a formula de Dalton. Para a applicar ao exemplo citado, far-se-há $V = 1$, $P = 27$, $P' = \frac{1}{2}$, o que dá $V' = \frac{27}{27 - \frac{1}{2}} = \frac{54}{53}$.

20 polegadas, e que a do vapor seja de 10 polegadas; o volume do gaz, depois da dilatação, estará para o volume primitivo, como 20 está para 20 menos 10, ou como 20 está para 10, isto he, que o volume do gaz se achará duplicado.

Quando a força constante do vapor he igual á força primitiva do gaz, ella destroe a cada instante o effeito da pressão que sustinha o gaz, de sorte que a dilatação nunca se termina, e se estende infinito. (1).

CCLXXIII. Vê-se, pelo que fica dito, que na união d'hum vapor com hum gaz, a elasticidade do mixto he a somma das elasticidades que terião os componentes, se cada hum delles occupasse só o espaço cheio pelo mixto. Assim, nas experiencias de Saussure (263), a elasticidade do mixto, cuja expressão he de 27, se compõe de huma força exprimida por 26 $\frac{1}{2}$, que he a do ar, attendendo a seu estado actual de dilatação, e de huma outra força exprimida por $\frac{1}{2}$, que he a do vapor espalhado no mesmo espaço.

Pezo especifico do Vapor comparado com o do Ar.

CCLXXIV. Dêmos hum novo desenvolvimento ao resultado que acaba de ser citado, para deduzir a explicação de hum facto observado por differentes physicos, a saber, que o pezo especifico do ar diminue, á medida que este fluido se carrega de huma maior quantidade de vapor. Nós dissemos que o que está espalhado em hum pé cubico, na temperatura de 15°, forma hum pezo de 10 grãos, e que ao mesmo tempo sua força elastica faz equilibrio a 6 linhas de mercurio. Ora hum pé cubico d'ar que na mesma temperatura sustem huma pressão de 27 polegadas, peza 751 grãos. Supponhamos que este ar não tinha a supportar mais que huma pressão de 6 linhas. Elle se dilatará em hum espaço, que estará para o espaço primittivo como 27 polegadas está para seis linhas, ou como 54 está para 1; e porque as densidades, em igual massa, estão na razão inversa dos volumes, a densidade do ar, depois da dilatação, não será mais que $\frac{1}{54}$ de

(1) Neste cazo $P = P'$, e a formula se torna $V' = \frac{P}{O}$, quantidade infinita.

sua densidade primitiva, do que se segue que hum pezo de hum pé cubico deste ar dilatado seria de $\frac{751}{54}$ grãos ou de 14 grãos quazi. Assim o peso especifico do ar, está para o do vapor, como 14 está para 10, supponde-se que a temperatura e a pressão são as mesmas de huma e outra parte (1); donde concluiremos que quando o ar se dilata pela acção de hum vapor que se mistura com elle, seu volume cresce em huma razão maior que a do augmento de massa. Newton, nas suas *Questões d'Optica*, onde se achão immensos indicios, que são como germes preciosos cujo desenvolvimento estava reservado para outro tempo, nota que o verdadeiro ar he mais pezado que os vapores, e que huma atmosfera humida he mais leve que huma atmosfera secca, em iguaes quantidades (2).

Conformidade da theoria com a observação, sobre a capacidade do Ar para o vapor.

CCLXXV. Saussure tinha determinado, por huma observação immediata, a quantidade de vapor contido em hum pé cubico d'ar, na temperatura de 15.° O celebre Laplace concebeo a idea de considerar esta quantidade como a incognita de hum problema, cujo fim seria achar o valor, tomando por dado o resultado que Gay-Lusac obteve relativamente á dilatação dos fluidos elasticos.

O vapor que contém hum pé cubico d'ar, a 15° do thermometro, está no mesmo estado que se elle só occupase este espaço, debaixo de huma pressão de seis linhas de mercurio e na mesma temperatura (263). Sabe-se que em huma temperatura de 80° e debaixo de huma pressão de 28 polegadas de mercurio, o vapor d'agoa he quazi 1600 vezes mais leve que a agoa liquida. Hum pé cubico desta peza 70 libras; do que se segue que o peso de hum pé cubico de vapor aquoso, a 80° e debaixo de huma pressão de 28 polegadas he de $\frac{70 \text{ lib.}}{1600}$. Supponhamos que esta quantidade de vapor, ficando sempre em huma temperatura de 80°, não sustem mais que huma pressão de seis linhas; seu novo volume estará para o volume pri-

(1) Essais sur l'Hygrométrie, n.° 288.
(2) Optice lucis, lib. 3, quæst. 31.

mitivo na razão inversa das pressões, isto he, como 28 polegadas está para 6 linhas, ou como 56 está para a unidade. Logo, depois da dilatação, hum pé cubico deste vapor não pezará mais que $\frac{70 \text{ lib.}}{56.1600}$ ou $\frac{1}{1280}$ de libra.

Porém este volume sendo calculado segundo a supposição d'huma temperatura de 80°, he precizo conduzi-lo de novo ao que elle seria por huma temperatura de 15°, que he a que tinha o vapor d'agoa, na experiencia de Saussure. Ora Gay-Lussac achou que os gazes se dilatão $\frac{80}{213}$ do seu volume (236), passando da temperatura do gelo ao d'agoa fervendo; donde se segue que se for sufficiente huma approximação, poderse-há suppor a dilatação de $\frac{1}{213}$ do volume, por cada grão de calor. Logo o volume d'huma quantidade de vapor cuja temperatura he de 15°, está para o volume da mesma quantidade a 80°, como $1 + \frac{15}{213}$ está para $1 + \frac{80}{123}$, ou como 228 está para 293. Logo pois que as densidades estão na razão inversa dos volumes, para huma mesma quantidade de materia, a densidade do vapor a 15° está para a do vapor a 80° como 293 está para 228. Logo finalmente, porque os pesos, em igual volume, são proporcionaes ás densidades, o peso de hum pé cubico de vapor a 15° estará para $\frac{1}{1280}$ de libra, que he o peso do mesmo volume a 80°, como 293 está para 228, o que dá por peso d'hum pé cubico de vapor a 15°, $\frac{29 \text{ lib.}}{228.1280}$, ou quazi 9°, 3 (1), resultado pouco differente do de Saussure; e he tal a vantagem das experiencias mesmo isoladas, quando ellas são bem

(1) Veja-se no *Bulletin des Sciences de la Société Philomatique, ventôse an. XI.* p. 189, hum artigo de Biot, onde este sabio geometra, depois de ter exposto os resultados e a theoria de Dalton, dá o calculo relativo á approximação de que se trata.

feitas, que não experão senão as theorias para se reunirem em roda dellas.

Differença entre o effeito da pressão do Vapor quando este he só, e quando he unido ao Ar.

Vamos agora comparar os effeitos da pressão em razão ao vapor considerado no vacuo, com os que tem lugar quando elle está unido ao ar. Esta comparação nos conduzirá, por assim dizer, ao lugar por onde a theoria deve abordar este objecto delicado, por tentar até á cauza dos phenomenos que apprezenta.

CCLXXVI. Supponhamos pois hum vapor contido em hum espaço distituido d'ar, e carregado da pressão a que sua força elastica he capaz de fazer equilibrio, pela temperatura actual. Se se augmenta a pressão, e a cauza que produz esta obrasse á maneira de hum embolo, as moleculas do vapor se approximarião successivamente humas das outras, á medida que o espaço diminuir, e o vapor se reduziria todo em agoa.

No mesmo cazo, chegando-se com a pressão só a hum certo termo, de sorte, por exemplo, que o espaço seja sómente diminuido de ametade, será só ametade do vapor que se reduzirá a agoa; a outra ametade ficará na mesma tensão na parte do espaço que a pressão não tiver alcançado (266).

CCLXXVII. Estes effeitos são mui sensiveis nos resultados que tem por authores Laplace e Lavoisier, e cujo fim era mostrar com que força o ether se dillata, evaporando-se no vacuo. Entre os differentes processos que se pódem empregar para o repetir, eis-aqui hum que he simples, e que foi imaginado por Van-Marum (1). Tome-se hum tubo de barometro que se enche logo inteiramente de mercurio, durante que sua extremidade tapada está voltada para baixo. Faz-se depois sahir deste tubo duas linhas de mercurio, que se substitue por huma igual quantidade do liquido do qual se quer experimentar a dilatação, depois revira-se o tubo, tendo o dedo applicado no orificio. Durante este movimento, o liquido sobe a travez da columna de mercurio, e vai-se collocar na parte superior do tubo. Prolonga-se este pela baze em hum banho

(1) Description de quelques appareils chimiques, &c., Harlem, 1798, p. 97 et suiv.

de mercurio, dando-se-lhe huma pozição fixa, tira-se o dedo. No mesmo instante, a columna que occupa o tubo tende por si mesmo a descer, até que seu peso esteja em equilibrio com a pressão da atmosphera, e logo que o vacuo principia a formar-se na superficie superior, o liquido passa, em todo ou em parte, ao estado de vapor, e este obrando por sua elasticidade sobre a columna de mercurio, accrescenta hum novo esforço ao que elle faz por seu peso, de sorte que elle se conserva mais baixo que no barometro ordinario. Van-Marum observou que a huma temperatura de 10° de Reaumur, este abatimento era de 12 polegadas e $\frac{1}{2}$ ou quazi 34 decimetros. O vapor aquozo no mesmo cazo, faz descer o mercurio $\frac{2}{5}$ de polegada ou quazi 11 milimetros.

Ora profundando-se mais o tubo no mercurio em que elle está prolongado, a columna deste metal que occupa o interior conservando-se ahi na mesma altura, resulta huma continua diminuição de espaço que comprime o vapor, e todas as moleculas deste perdem successivamente o seu estado elastico, de modo que no fim não resta mais que liquido entre a columna de mercurio e o cume do tubo.

CCLXXVIII. Concebamos agora que huma mistura de ar e de vapor seja submettida á pressão que premitte sua elasticidade, e que logo se augmenta esta pressão. O ar se condensará hum pouco, e a porção de vapor que occupava o espaço abandonado por este ar, se converterá em agoa. Porém como o ar he hum fluido de tal fórma permanente, que nenhuma força conhecida o póde reduzir ao gráo de condensação no qual a força elastica do calorico que separa suas moleculas cedessem a sua affinidade mutua, a compressão acabará por si mesmo no termo em que ella se equilibrar pela força elastica do ar condensado, junto á do vapor que conservar seu estado e sua tensão no espaço onde o ar se acha contido.

Imaginemos, por fixarmos as ideas, que o vapor só tenha huma força elastica medida por huma pressão de 38 centimetros ou de 14 polegadas, e que o mesmo succeda ao ar, no primeiro momento em que a pressão não tem ainda augmentado. Esta pressão á qual o misto faz então equilibrio he de 76 centimetros ou de 28 polegadas. Porém isolando-se os dois fluidos, a pressão de que se

trata reduziria o ar a ametade do seu volume, e acabaria neste termo, em que a elasticidade do ar sendo duplicada com a sua densidade, opporia á pressão huma resistencia equivalente. D'outra parte, a mesma pressão, exercendo sobre o vapor huma acção continua o converterá toda em agoa. Ora no cazo em que os fluidos estão unidos, se esta união não consistisse mais que em huma justa pozição de suas moleculas, de sorte que existão no mesmo espaço independentemente hum do outro, e sem estarem ligados entre si por alguma acção mutua, cada hum delles não opporia á pressão de 76 centimetros mais que a força repulsiva de suas proprias moleculas, que não he mais que de 38 centimetros: desta sorte o ar se comprimiria até que fosse reduzido a ametade do seu volume; no mesmo tempo a ametade do vapor se reduziria a agoa, e a outra ametade não evitaria seu retorno a estado de liquidez, senão fosse como protegida pelo ar, cuja elasticidade faria obstaculo á diminuição do espaço. Ora tudo succede de outra maneira, e desde o primeiro instante, o mixto sustem a pressão de 76 centimetros, sem que alguma parte do vapor se converta em agoa. Para que este effeito tivesse lugar, faltaria augmentar a pressão, como temos dito. Em que consiste pois, no cazo prezente, a influencia reciproca do vapor, e qual he em geral a influencia que tem o ar na evaporação? Nisto he que está o nó da difficuldade, e ainda que elle tenha sido volvido e revolvido por mãos mui habeis, os physicos não concordão ainda sobre o meio de o dezatar.

Theoria de Leroi sobre a Evaporação.

CCLXXIX. Se nós remontamos até ás mais antigas opiniões que houverão a respeito deste objecto, achamos que ellas tendem todas a dar ao fogo a principal parte na producção do phenomeno. Huns pensão que as moleculas da agoa extremamente divididas pelo fogo, e adquirindo hum augmento consideravel de superficie, tendo em consideração o seu volume, davão lugar a que o ar se apossasse dellas, chocando-as, e envolvendo-as nas voltas das pequenas espiraes de que elle era composto. Segundo outros, o fogo, dilatando as moleculas d'agoa, as tornava especificamente mais leves que o ar, de sorte que sua subida sobre este fluido não era mais que hum phenomeno ordinario de hydrostatica.

CCLXXX. No meio deste conflito d'opiniões, o princi-

pio de dissolução d'agoa por intermedio do ar, cuja primeira idea he devida a Musschenbrock (1), mas que elle se tinha limitado simplesmente a anuncia-la, principiava a ser, entre as mãos de Leroi de Montpellier, a baze de huma nova theoria de vaporação, que foi tanto melhor acolhida, quanto independentemente de que ella tinha por si huma razão mui especial d'analogia, tende a fazer entrar hum dos maiores phenomenos da natureza debaixo do poder universal da attracção (2).

CCLXXXI. Eis-aqui a que se reduz toda a theoria deste physico: o ar dissolve a agoa da mesma maneira e com as mesmas circunstancias com que a agoa dissolve os saes; de maneira que como a agoa aquecendo-se se torna capaz de dissolver huma nova quantidade de sal, e abandona resfriando-se, huma parte daquelle que ella tinha dissolvido; da mesma sorte, á proporção que o ar se aquece ou se resfria, he-lhe preciza mais ou menos agoa para chegar a seu ponto de saturação.

As experiencias que conduzirão o mesmo physico á adopção deste principio, são d'aquellas que se repetem espontaneamente todos os dias. Ellas tinhão sido vistas mil vezes; mas ninguem as tinha ainda attendido.

CCLXXXII. O author expoz em sua janella huma garrafa de vidro branco, exactamente rolhada; a temperatura era então de 20° acima de zéro do thermometro em 80 partes. Algum tempo depois, o thermometro tendo descido, durante a noite, á quinze gráos, Leroi vio que huma parte d'agoa contida no ar de que a garrafa estava cheia, se tinha depozitado em fórma de pequenas gottas, nas suas paredes superiores, que sendo as mais expostas, devião ser as primeiras em resfriarem-se. Está especie de orvalho se torna muito mais abundante, quando o thermometro desce a seis gráos. O ar aquecendo-se durante o dia, dissolvia depois a agoa que se tinha depositado durante a noite. Este ar representava toda a atmosphera; o vaso, submettido á experiencia, não fazia mais que mostrar aos olhos o que se passava na outra parte de huma maneira insensivel. Está experiencia, repetida e variada com todas as attenções convenientes para a fazer deciziva, deu constantemente resultados analogos.

Leroi procurou depois o meio de determinar o gráo

(1) Essai de Physique, Leyde, 1751, t. 2, p. 721.
(2) Mélanges de Physique et de Médecine, p. 1. e seu.

de saturação do ar relativo a hum estado dado da atmosphera. Para conseguir isto, deitava em hum grande copo de cristal bem secco por fóra, agua bastante fria para occazionar nas paredes exteriores, resfriadas pela visinhança desta agoa, hum precipitado da que estava em dissolução no ar ambiente; á medida que a temperatura se elevava meio gráo, elle lançava desta agoa em hum novo vaso, e observava o termo em que deixava de haver precipitado: este termo indicava o gráo de saturação do ar. O author reconheceo, por meio desta experiencia, que a direcção e a força do vento fazião variar mui sensivelmente o gráo de saturação, que era mais baixo para o vento norte do que para o nord-éste, e que em hum e outro cazo, a força do vento contribuia ainda a abaixa-lo.

CCLXXXIII. Entretanto a comparação feita por Leroi, da maneira como o ar dissolve a agoa, com a maneira como a agoa dissolve os saes, suppondo-a exacta quanto ao fundamento, não se sustenta debaixo de todas razões. Haveria esta differença entre os dois phenomenos, que hum sal que se dissolve na agoa passa do estado de solidez ao de liquido, de modo que seu peso especifico não varia por huma quantidade consideravel; se bem que a agoa, evaporando-se, passa do estado de liquido ao de fluido elastico, o que diminue sua densidade n'huma razão maior que a de mil para hum.

Porém os physicos que adoptarão a prezente theoria, acharão que, considerada em si mesmo, ella devia ser tambem modificada em certas circunstancias.

CCLXXXIV. Ignorava-se a epoca em que esta theoria appareceo, que a quantidade de vapor que se forma no ar, em huma temperatura determinada, he a mesma que a que seria produzida no vacuo, na mesma temperatura e em hum igual espaço. Não se tinha assaz attendido que o vapor que se forma, em todas as temperaturas, abaixo do termo de ebullição, não differe senão por sua densidade daquelle cuja formação concorre com a mesma ebullição. Ora a cauza productora deste mesmo vapor, assim como daquelle que nasce no vacuo, não podia ser mais que a força elastica do calorico, que separava as moleculas d'agoa a distancias em que sua affinidade mutua se tornava como nulla relativamente a esta mesma força. Conclue-se destas observações, que o calorico que fazia tudo, na absencia do ar, ou quando a temperatura do liquido sobre o qual repousava o ar estava no gráo de ebullição, concorria, com este fluido, para a evaporação ordinaria.

Segundo a opinião de Saussure, o ar não principiava mesmo a dissolver a agoa senão quando a acção do calorico a tinha convertido em fluido elastico (1). Assim o ar que, de hum lado se oppunha, por sua pressão, á força de elasticidade do calorico, para reduzir a agoa em vapor, a ajudava, d'outro lado, pela affinidade que exercia sobre este liquido.

Nesta mesma hypotese, o vapor, posto que era attrahido pelo ar, obrava por sua elasticidade, para separar suas moleculas, até que a perda que o ar fizesse de huma parte de sua força elastica, por esta separação, fosse igual á força elastica constante do vapor, de sorte que em consequencia da compensação que resultava, o equilibrio com a pressão da atmosphera se achava restabelecido. Era em virtude desta affinidade que o ar exercia sobre o vapor, que este escapava ao effeito da pressão, que sem isto seria forçada huma porção a passar ao estado de liquido. (276).

CCLXXXV. Não se póde recuzar á theoria de Leroi, assim modificada, o merecimento de offerecer huma maneira mais plausivel de conceber os phenomenos. Com tudo, olhada de perto, apenas se reconhece nella a affinidade. Sabe-se que a acção desta força se modifica de muitos modos, e muda por assim dizer de medida, segundo a natureza das substancias que a exercem. Como se póde conciliar com estas variações a uniformidade que existe na quantidade de vapor de que todos os gazes se saturão, por hum mesmo gráo de calor e em igual espaço, sobre tudo se se considera que esta quantidade he igual áquella que, nas mesmas circunstancia, se formaria no meio do vacuo só pela acção do calorico?

Theorias de Deluc e de Dalton.

CCLXXXVI. Vistas as reflexões que acabamos de fazer, não se admirará que physicos de hum merecimento distincto tenhão apartado da sua theoria a consideração da affinidade, por attribuirem tudo á elasticidade, seja do ar, seja do vapor. A primeira theoria deste genero que appareco, tem por author o celebre Deluc. Segundo este physico, a evaçoração he produzida unicamente pelo fogo que, unindo-se ao liquido, o entranha em si debaixo da fórma

(1) Essais sur l' Hygrométrie, n.º 191.

de hum fluido (1). As particulas deste fluido se misturão com as do ar: então, ellas contribuem, de sua parte, a supportar a pressão da atmosphera, como se ellas fossem outras tantas particulas d'ar pertencentes á mesma massa; toda a differença consiste em que ellas não se poderião approximar além de hum certo ponto determinado pela temperatura, sem que huma parte não se decomposesse, para se converter em agoa. Porém ellas estão deffendidas deste approximamento, por sua mistura com o ar no meio do qual ellas exercem sua força expansiva, como se ellas se achassem no vacuo (1).

CCLXXXVII. O modo como isto foi olhado por Dalton não se aparta muito do que viemos de expor. Este sabio pensa que quando hum vapor, tal como o vapor d'agoa, se mistura, por exemplo, com o ar atmosferico, as moleculas de cada fluido se repellem mutuamente, sem exercerem alguma acção sobre as do outro fluido. Desta sorte, no instante mesmo da mistura, a elasticidade do vapor descarrega o ar de huma parte da pressão que elle sustinha. Este ar se dilata então pelo excesso de sua força elastica, até que a parte que lhe resta, junta á elasticidade do vapor, se equilibre com a pressão. Neste estado de couzas, as moleculas dos dois fluidos obrão como farião pequenas molas de duas especies intercaladas humas entre as outras, de modo que as de cada especie exercessem sua força separadamente. Se alguma molecula d'hum dos fluidos experimenta huma resistencia da parte das moleculas do outro, não he senão huma resistencia, por assim dizer, de encontro, semelhante á que tem lugar no choque dos corpos solidos, e que não póde por consequencia existir senão accidentalmente, em consequencia do contacto.

Tudo quanto a chimica póde oppor de mais forte a esta doctrina, na hypothese da dissolução d'agoa pelo ar, foi empregado por Berthollet, por deffender nisto os direitos da affinidade, na bela obra onde elle appresentou a theoria desta força de huma maneira tão nova e tão digna de seu genio (2). Porém como a hypothese de que se trata não está de sua parte livre de objeções (280), he antes na physica que devem ser discutidas as considerações que pódem fazer appreciar a maneira de pensar dos dois authores. Ora nós nos contentaremos de observar, a este

(1) Introduction á la Phys. Terrestre, t. I., p. 399.
(2) Essai de Statique Chimique, primière Partie, p. 485.

respeito, que a de M. Dalton, longe de servir de explicar como o vapor póde resistir á pressão que tende a converte-lo em agoa, põe pelo contrario a dificuldade patente, offerecendo-nos as acções do ar e do vapor como inteiramente isoladas huma a respeito da outra. Quanto á de M. Deluc, a expressão de mistura pela qual elle designa a união do vapor com o ar, encobre mais a dificuldade do que a faz desaparecer.

Theoria de Laplace.

CCLXXXVIII. Além das duas hypoteses que acabamos de expor, ha huma terceira, cuja idea he ainda o fructo das sabias meditações do celebre Laplace. Consiste em considerar o vapor unido ao ar, como exercendo sobre este ultimo fluido, e experimentando da sua parte a mesma acção repulsiva que huma nova massa d'ar cuja elasticidade e densidade fossem as mesmas, sendo tudo igual, que as do vapor.

Para fazer isto sensivel por hum exemplo, imaginemos hum cylindro d'ar infinitamente delicado, que se reduzisse a hum simples fio de moleculas deste fluido, e supponhamos que a temperatura sendo, por exemplo, de 20°, as moleculas deste fio se repillão com huma força capaz de fazer equilibrio a huma pressão de quatro decimetros de mercurio. Concebamos, d'outra parte, hum fio de moleculas de vapor, do mesmo comprimento que o precedente, e capaz de suster a mesma pressão de quatro decimetros, sendo tambem a temperatura deste vapor de 20°. Se suppomos que o numero de moleculas seja igual de huma e outra parte, toda a differença consistirá em que as do vapor serão menos densas, pois que o peso especifico do vapor, em igual temperatura, he menor que a do ar (271).

Quando dizemos que as moleculas do ar ou as do vapor se repellem, isto não he mais do que huma maneira abreviada de exprimir que as moleculas do calorico interpostas entre humas e outras, obrão como tantas pequenas molas oprimidas, para augmentar suas distancias respectivas, o effeito desta acção elastica sendo equivalente a huma repulsão mutua cuja cauza existiria nas mesmas moleculas.

Intercalemos agora as moleculas do vapor, huma a huma, entre as do ar. He evidente que duas moleculas vizinhas, huma do ar, a outra do vapor, se repellirão mu-

tuamente com huma força dobrada da primeira, de sorte que a mistura será capaz de suster huma columna de mercurio de oito decimetros de altura, sem que as moleculas do vapor se possão aproximar. Porque ainda que ellas estejão nas mesmas distancias respectivas em que sua repulsão mutua não he medida senão por quatro decimetros, a acção repulsiva que as moleculas do ar exercem sobre ellas, as conservão em suas posições, e as sustrahem ao effeito da pressão que, sem a prezença do ar, forçaria huma parte a reduzir-se a agoa. Na mistura de que se trata, o intervallo entre cada molecula d'ar e a molecula visinha de vapor, será da mesma sorte occupado por huma pequena mola de calorico, cuja acção para as separar huma da outra he o que nós designamos pela palavra *repulsão*.

Tudo terá lugar de hum modo analogo, relativamente a huma massa d'ar que tem em mistura algumas moleculas de vapor, sendo todas as circunstancias iguaes. Huma molecula de vapor situada em hum ponto qualquer da massa, será cercada de moleculas d'ar oppostas duas a duas em direcções que passarão todas por esta molecula, de sorte que ella será deffendida, de todas as partes, contra a pressão que a approximaria das outras moleculas, se ellas ficassem abandonadas a si mesmo.

CCLXXXIX. Póde-se suppor que a elasticidade do vapor seja differente da do ar: por exemplo, na experiencia de Saussure (263), ella não he mais que a 53.ª parte, em igual temperatura. Neste caso, as moleculas do vapor conservão sempre no meio das do ar as mesmas distancias respectivas que quando ellas existião sós em hum espaço igual áquelle que occupa a mistura, e as moleculas do ar se approximão de maneira que sua força repulsiva mutua comparada com a que tinha lugar, quando este ar era puro, se acha augmentada na razão de 53 para 54; e como ellas exercem sobre as moleculas do vapor, e soffrem de sua parte acções iguaes á desta mesma força, resulta que a elasticidade da mistura he ainda a somma das elasticidades que tinhão os dois fluidos, quando elles existião separadamente. Concebe-se tambem como a acção repulsiva das moleculas do ar sobre as do vapor tem da mesma sorte seu effeito para se oppor á sua reunião.

O vapor tal como nós o considerámos aqui, está em estado de vapor que nasce (267), isto he, que suas moleculas estão a distancias respectivas hum pouco mais pequenas que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel. O

mesmo não acontece ás moleculas do ar consideradas entre si; suas distancias mutuas são maiores que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel, e he precizo dizer outro tanto da distancia que separa cada molecula de vapor da molecula d'ar vizinha; tal he a pequenez do raio da esphera d'affinidade sensivel do ar para o vapor, que a distancia de que se trata excede a estensão deste raio. Assim, na hypothese que o espaço tornase a diminuir, as moleculas do vapor experimentarião hum approximamento, a favor do qual suas attracções reciprocas achando-se augmentadas, determinarião huma parte a recuperar a estado de liquido; e de resto tudo aconteceria como se não existisse ar no espaço que occupa o vapor (266).

CCXC. O que nós viemos de dizer das moleculas do ar e das moleculas aquozas, se applica igualmente a todos os corpos que, passando a estado de gaz ou de vapor, se tornão susceptiveis de obrar huns sobre os outros pela repulsão, em circunstancias semelhantes ás que nós temos citado. Há com tudo algumas nas quaes os fluidos que se lhe misturão, cedem pelo contrario á sua affinidade mutua, combinando-se; e este effeito, que á primeira vista, não parece conciliar-se com a theoria precedente, não he senão hum corollario. Sabe-se, por exemplo, que quando se fórma huma mistura de gaz nitroso e d'ar atmospherico, o volume da mistura diminue, ao mesmo tempo que o ar absorve o gaz nitroso. Ora, se nós imaginamos que os dois fluidos ficão por hum instante no seu estado primitivo, as moleculas de cada hum, considerado separadamente, se acharáõ a distancias respectivas maiores que o raio de sua esphera d'affinidade sensivel para si mesmo. Porém taes serão as posições mutuas que as moleculas das duas especies tiverem tomado, misturando-se, que a distancia entre cada molecula d'ar e a molecula do gaz nitroso que está vizinha, será menor que o raio da esphera d'affinidade sensivel do ar para o outro principio; e o effeito desta differença dará á affinidade de que se trata huma preponderancia capaz de determinar a combinação dos dois gazes, e a absorpção que he a consequencia. Será facil estender esta applicação a outros cazos analogos, e conduzir de novo todas as diversidades que offerecem os phenomenos deste genero, áquelle que existe na razão entre o intervallo além do qual a attracção das moleculas d'hum principio sobre as do outro se julga desvanecer-se, e do que a força do calorico põe entre ellas.

X. Da Combustão.

CCXCI. Ainda que a theoria relativa á maneira como o calorico obra na combustão pertença propriamente á chimica, nós não nos podemos dispensar, determinando o que diz respeito a este fluido, de dar sobre este objecto algumas ideas que estão ligadas á historia da physica. A combustão apprezenta em geral o aspecto d'hum corpo que se dissipa, produzindo o que se chama commummente *calor* e *luz*. Na lingoagem vulgar, *fogo* e *combustão* são quazi synonymos hum do outro; porém nas ideas dos antigos phylosofos, o fogo era o agente da combustão. Elles o olhavão como hum principio fixo nos corpos, cuja separação produzia a dissipação das moleculas da substancia abrazada, e era a este mesmo principio que Stahl tinha dado o nome do *phlogisto*. A maneira como os physicos que adoptarão a doctrina deste homem celebre explicão a combustão, era tanto mais capaz de seduzir, quanto a cauza de que elles fazião depender este phenomeno se offerecia debaixo de hum ar de huma cauza mecanica, as moleculas do fogo elementar estando acomodadas nas dos corpos, como em tantas pequenas capas, onde ellas experimentavão huma compressão semelhante á de huma mola comprimida. Na combustão, o fogo, escapando-se por sua força expansiva, das particulas pelas quaes principiava a deflagração, imprimia ás particulas visinhas huma agitação violenta que occazionava sua rutura, pelo desbandamento do fogo que ellas encobrião; e desta sorte, de proximo em proximo, a communicação, e, por huma consequencia necessaria, o incendio se communicava a toda a massa. O ar contribuia a entreter e a accelerar a acção do fogo, reagindo contra elle, e oppondo á sua dissipação hum obstaculo que concentrava sua acção em hum espaço mais estreito, e augmentava a energia.

As discobertas dos chimicos modernos, e principalmente as do illustre Lavoisier, mudarão inteiramente o ponto de vista debaixo do qual a combustão deve ser olhada. Elles demonstrarão que este phenomeno consiste em huma combinação das moleculas proprias d'hum corpo com as do oxigenio que este corpo rouba ao ar ambiente, accompanhada de separação da luz e do calorico, que tinha o oxigenio em estado de fluido elastico. Esta doctrina fez desaparecer o phlogisto como sendo ao menos inu-

til; e o ar atmospherico, que se tinha olhado como hum simples estimulante, em razão á combustão, furnecia o principio que he o agente principal e immediato.

IV. DA AGOA.

Na exposição que fizemos até aqui das propriedades geraes dos corpos, temo-nos limitado a citar alguns exemplos tirados d'entre aquelles que mais sensivelmente manifestão estas propriedades. Passamos agora a tratar de novo e successivamente de certos liquidos ou certos fluidos particulares que tem huma influencia notavel nos phenomenos da natureza.

O primeiro he a agoa, que nós consideraremos primeiro em seu estado ordinario, que he o de liquido, depois no estado de gelo, por fim no de vapores, que são como os extremos entre os quaes se acha a agoa liquida.

I. Da Agoa no estado de Liquidez.

CCXCII. As principaes propriedades physicas d'agoa liquida, consistem em ser insipida, inodora, transparente, sem cor, e susceptivel de molhar a maior parte dos corpos, que se põe em contacto com ella.

CCXCIII. Ninguem ignora com que abundancia este liquido está espalhado na natureza, e quão diversas que são as funções que elle exerce. Junto em massas immensas nas bacias dos mares, arrastado por hum movimento progressivo pelo leito dos rios e regatos, serve de vehiculo aos navios e a differentes especies de embarcações, a fim de estabelecer, para as viagens e para o commercio, huma communicação entre os povos de diversas regiões. Elle se torna, por sua impulsão, o motor de huma multidão de maquinas tão uteis como ingenhozas; e se o homem tem á sua disposição huma potencia superior ainda á que obra neste cazo, elle a deve ao mesmo liquido convertido em vapores. A agoa he o elemento no qual vivem immensos seres organicos, ella serve de bebida ao homem e aos animaes que povoão a terra e os ares; ella he hum dos principaes agentes da vegetação; he em seu seio que se fórmão immensos mineraes, e estas preciozas substancias metallicas ás quaes a industria humana parece dar huma nova existencia, elaborando-as para nossos uzos.

CCXCIV. A agoa foi olhada, por muito tempo, como

huma substancia simples; e, por esta razão, os philosofos antigos a fazião hum dos quatro elementos que davão principio a todos os corpos da natureza; a saber, o Fogo, a Agoa, o Ar e a Terra. Esta opinião, ainda que apartada da verdade, tinha com tudo a seu favor, que ella fazia concorrer á formação de todos os outros entes, aquelles que existem o mais geralmente espalhados no universo, que occupando como outros tantos dominios distinctos, hum os espaços celestes, os ultimos tres a região que o homem habita, estão com tudo sempre em commercio huns com os outros e com o resto da natureza, e em fim parecem serem os unicos fixos e innalteraveis, no meio das alternativas que fazem variar continuamente a scena dos animaes, das plantas e dos mineraes.

A chimica moderna substituio, a estes systemas nascidos de considerações abstractas, theorias fundadas em factos; e entre os ultimos, hum dos mais notaveis he a decompozição, em oxigeno e em hydrogeno, deste mesmo liquido que se tinha posto entre as substancias elementares. Nós nos limitaremos tamhem a indicar sómente aqui este resultado, cujo detalhe não entra em nosso plano.

CCXCV. A agoa da chuva he a que mais se approxima do estado de pureza. Chaptal observou, que a que acompanha as tempestades contém mais misturas que a da chuva doce, e que se torna mais pura na continuação desta (1). A agoa que banha a superficie do globo, a que corre em seu interior, he sempre carregada de materias heterogeneas. Sabe-se que a do mar e a de muitas fontes contém em maior ou menor abundancia hum sal que se extrahe pela evaporação, e que he conhecido com o nome de *sal marino*. Chamão-se *agoas mineraes*, as que contém differentes substancias salinas, metallicas ou outras; ellas são empregadas com successo, no trato de certas molestias: ellas tirão das substancias que ellas tem unidas hum sabor e hum cheiro particular. Pelo que diz respeito á agoa dos rios, ella contém dissolvidas muitas materias terrozas, e particularmente moleculas calcareas; e a que corre no meio da terra fórma incrustações destas mesmas moleculas, tanto no interior dos canaes que as recebem, como á roda dos corpos organicos que nelles se achão.

CCXCVI. De balde se tem tentado comprimir a agoa ainda applicando huma grande força; e esta propriedade de ser sensivelmente incompressivel he geral para todos os

(1) Elémens de Chimie, troisiéme édition, t. I., p. 139.

liquidos. Huma das experiencias que tem servido a reconhece-la, pelo que diz respeito á agoa, consiste em carregar este liquido com huma columna de mercurio, empregando hum tubo recurvado em fórma de syphão, cuja haste mais comprida he occupada por mercurio que comprime a superficie d'agoa. A columna formada por este liquido não se comprime na mais pequena quantidade que seja, ainda que a de mercurio tenha 227 centimetros ou 7 pés de altura; em cujo cazo ella exerce sobre a agoa hum esforço triplo do de huma columna d'agoa de quazi 10 metros $\frac{4}{10}$, ou 32 pés de altura. Entre tanto tem lugar o presumir-se que a agoa he realmente compressivel, mas em hum grão inapreciavel, ao menos pelos esforços que até aqui se tem empregado para a condensar; porque a faculdade que ella tem de transmittir os sons, prova que ella he elastica, e esta qualidade suppõe necessariamente compressibilidade.

Da Hygrometria.

CCXCVII. A observação de diversos phenomenos produzidos por isto que se chama humidade, deu principio a hum ramo de physica que tem o nome de *hygrometria.* Nós vamos expor os principios relativos á theoria geral destes phenomenos, e descreveremos logo o *hygrometro* ou o instrumento que serve para medir a humidade do ar.

Todos os corpos susceptiveis de se embeberem d'agoa, tem huma maior ou menor dispozição a unirem-se a este liquido, por effeito de huma attracção semelhante á affinidade chimica, junta á textura de suas partes e a outras circunstancias.

Prolongando-se n'agoa muitos destes corpos, como hum páo, huma esponja, hum papel &c.; elles aproprião huma quantidade deste liquido; a qual variará de hum a outro corpo, e como á medida que elles tende para o ponto de saturação, sua affinidade para a goa vai diminuindo, quando os que attrahem a agoa mais poderozamente tiverem chegado ao ponto em que sua força attractiva se achar sómente igual á dos corpos que obrão menos sobre o mesmo liquido, estabelecer-se-há entre todos estes corpos huma especie de equilibrio, de sorte que neste termo a embebição acabará.

Observa-se aqui huma paridade no modo como os

corpos roubão o calorico, e o modo como elles se embebem d'agoa; que a principal condição que determina o equilibrio he a mesma de huma e outra parte, e que depende das differentes capacidades dos corpos para a substancia que aquece ou para a que molha.

Pondo-se em contacto dois corpos impregnados da agoa, mas cujas affinidades para este liquido não estejão em equilibrio; aquelle cuja affinidade for mais fraca cederá huma parte de sua agoa ao outro corpo, até que o equilibrio se estabeleça; e nesta disposição que hum corpo tem de communicar aos corpos ambientes huma porção d'agoa que embebeu he que consiste propriamente o que se chama humidade.

CCXCVIII. O ar he de todos os corpos aquelle de que temos mais interesse de conhecer os differentes grãos de humidade, e para vir no conhecimento disto he que os physicos tem dirigido principalmente suas indagações: daqui nascem as differentes especies de instrumentos que se tem imaginado para medir a humanidade do ar.

CCXCIX. Conhece-se huma immensidade de corpos nos quaes a humidade, á medida que augmenta ou diminue, occaziona diversos grãos de dilatação ou de contracção, conforme estes corpos se abandonão a hum ou a outro destes effeitos, em razão de sua organização, de seu tecido, ou da disposição das fibras de que elle he composto. Por exemplo, a agoa, introduzindo-se no interior dos corpos construidos de fibras torcidas e postas obliquamente, produz entre estas fibras huma separação que faz inchar a corda, e, por huma consequencia necessaria, a encolhe. Os fios torcidos de que se fabricão os panos, pódem ser considerados como pequenas cordas que soffrem da mesma sorte hum encolhimento pela acção da humidade: o que faz que quando se molhão os panos pela primeira vez, se encolhem nos dois sentidos em que suas fibras crescem; pelo contrario, o papel, que não he senão hum composto de filamentos mui delicados, mui curtos, e dispostos irregularmente em todas as direcções, se alonga em todas as dimensões de sua superficie, á medida que a agoa, introduzindo-se nos intervallos destes mesmos filametros, obra, para as separar, indo do meio para as bordas.

Tem-se empregado successivamente na construcção dos hygrometros differentes corpos escolhidos entre os que a humidade produz movimentos mais sensiveis. Tem-se procurado tambem medir a humidade pelo augmento de

peso de que certas substancias são susceptiveis, taes como huma porção de lã, ou de sal, absorvendo a agoa contida no ar.

Mas, estes meios erão tão imperfeitos, quanto os corpos que nelles se empregavão erão sujeitos a alterações que lhes fazião perder com mais ou menos promptidão sua qualidade hygrometrica; ellés tinhão a duplicada circunstancia, de servirem mal, e de não prometerem hum longo serviço.

Hygrometro de Saussure.

CCC. Para se tirar do hygrometro vantagens reaes, seria precizo pollo em estado de o rivalizar com o thermometro, offerecendo huma serie de observações exactas, e que fossem comparaveis nos differentes hygrometros.

O Celebre Saussure, a quem devemos huma obra muito digna de preço sobre a hygrometria, chegou a prehencher este objecto, por hum processo, do qual vamos dar huma idea.

A peça principal deste hygrometro he hum cabelo, ao qual Saussure faz huma preparação, cujo fim he despoja-llo de huma especie de onctuosidade que lhe he natural, e que o deffende até a hum certo ponto, da acção da humidade. Esta preparação se faz ao mesmo tempo em hum certo numero de cabelos formando hum tufo, cuja espessura não deve exceder à de huma penna de escrever, e metidos dentro de hum pano fino que lhe serve de estojo. Metem-se os cabelos assim embrulhados em hum matrás de gargalo comprido, cheio d'agoa, que tenha em dissolução quazi huma centesima do seu peso de sulfato de soda, e faz-se ferver esta agoa pelo espaço de trinta minutos; passão-se depois duas vezes os cabelos por agoa pura, em quanto esta está tambem em ebullição; tirão-se do pano, e separão-se, depois pendurão-se a fim de os fazer seccar ao ar, no fim de tudo isto não resta mais do que fazer huma escolha daquelles que sendo mais limpos, mais dobradiços, mais brilhantes e mais transparentes, merecem ser empregados com preferencia.

Sabe-se que a humidade alonga o cabelo, e que a seccura o contrahe. Para fazer hum e outro effeito mais sensiveis, Saussure prendeu huma das extremidades do cabelo a hum ponto fixo, e a outra á circunferencia de hum pequeno cylindro movel, o qual sustenta em huma de suas extremidades hum ponteiro leve. O cabelo he entezado

por hum contrapezo de 16 centigramas ou de quazi tres grãos, suspenso por hum fio de seda muito fino que está enrroscado em sentido contrario á roda do cylindro. A' medida que o cabelo se alonga ou se encolhe, faz voltar o cylindro em hum e outro sentido, e, por huma consequencia necessaria, o pequeno ponteiro, cujos movimentos se medem na circumferencia de hum circulo graduado, á roda do qual o ponteiro faz sua revolução como nos quadrantes ordinarios. Desta maneira qualquer pequena variação no comprimento do cabelo, se torna sensivel pelo movimento muito mais consideravel que elle occaziona na extremidade do ponteiro; facilmente se concebe que a gráos iguaes de alongamento ou de encolhimento do cabelo correspondem arcos iguaes corridos pelo ponteiro.

Para se dar á escalla hum fundamento que faça com que todos os hygrometros construidos segundo os mesmos principios tenhão relação huns com os outros, Saussure toma dois termos fixos, dos quaes hum he a extrema humidade, e o outro o da secura: elle determina o primeiro pondo o hygrometro debaixo de hum recipiente de vidro, que elle tem molhado, exactamente com a agoa, toda a superficie interna; o ar saturando-se desta agoa, obra por sua humidade no cabelo, alongando-o. Humedecendo-se de novo o interior do recipiente, tantas vezes quantas forem precizas; e reconhece-se que o termo da humidade extrema chegou, quando, por huma maior demora debaixo do recipiente, o cabelo, deixa de se estender.

Para se obter o termo da extrema secura, o mesmo physico se serve de hum recipiente bem secco, debaixo do qual elle põe o hygrometro, com hum pedaço de folha igualmente quente e coberta de alkale fixo. Este sal, exercendo sua faculdade absorvente no que resta de humidade no ar ambiente, determina a que o cabelo se contraia até que tenha tocado o ultimo termo de contracção.

Este termo não he distante do que corresponde a hum perfeito desecamento, de sorte que se pode olhar como inappreciavel a pequena quantidade de humidade que poderia ficar ainda no cabelo (1); e como de outra parte o maior alongamento do cabelo he determinado pela maior quantidade possivel de humidade de que elle se possa carregar, resulta que os dois pontos fixos do hygrometro correspondem sensivelmente aos dois estados absolutos, em que este instrumento differe do thermometro cujas duas

(1) Essais sur l'Hygrométrie, numéros 47 et 149.

extremidades fixas consistem em dois limites tomados no meio de huma serie de termos, que se estendem indefinidamente acima e abaixo destes limites.

A escalla do instrumento he dividida em cem gráos. O zero indica o termo da extrema secura, e o numero cem o da extrema humidade. O inventor conheceo as vantagens da divisão decimal para facilidade dos calculos, e não se hesitou em adoptala.

Hygrometro de Deluc.

CCCI. Os numerosos trabalhos de Deluc sobre a hygrometria, huma grande parte dos quaes concorrerão com os de Saussure, forão executados por meio de hum instrumento que differe em sua peça essencial do que viemos de descrever; e esta diversidade nos meios de perguntar a experiencia sobre hum ponto de physica tão delicado, tem sido para os inventores a occazião de huma rivalidade que fez nascer entre elles interessantes discusões (1). O physico inglez emprega para a construcção de seus hygrometros huma tirinha muito fina de balea, que faz o mesmo officio que o cabelo no hygrometro de Saussure. Elle conserva esta lamina estendida por meio de huma mola, cuja acção elle prefere á de hum peso; determina o gráo de extrema humidade, prolongando a tirinha de balea toda em agoa; e para fixar o limite opposto, que he o da extrema secura, elle se serve de cal calcinada, que elle põe com o hygrometro debaixo de huma recipiente de vidro. A escolha desta substancia he fundada em que a calcinação tendo chegado ao mais alto gráo de seccura, deixando-a depois resfriar, até ao ponto de poder ser posta, sem inconveniente, debaixo de huma manga de vidro destinada para a experiencia, ella se achará ainda sensivelmente no mesmo estado de seccura; porque ella he mui vagaroza em se humedecer; e desta fórma toda a sua faculdade absorvente será empregada em dessecar pouco e pouco o ar contido debaixo do recipiente, e a fazer passar o hygrometro mesmo a hum estado que se approximará o mais que he possivel da extrema seccura.

(1) Veja-se o Journal de Physique, 1788, t. 32, pp. 24, 98 e 132.

Das Variações do Hygrometro.

CCCII. Examinemos agora a acção do hygrometro sobre o vapor contido no ar, escolhendo o hygrometro de cabelo, para lhe applicar á theoria. Temos visto (264) que huma massa d'ar determinada, em contacto com a agoa liquida, contém toda a quantidade de vapor que he susceptivel de admittir, a huma temperatura dada, quando a força elastica do calorico interposto entre as moleculas do vapor, menos a affinidade mutua destas moleculas, está em equilibrio com a força do calorico contido n'agoa, menos a affinidade desta agoa para si mesmo. Ora a agoa que o hygrometro embebeo differe da que seria isolada no meio do ar; em ser submettida á acção de huma terceira força, que he a affinidade que o cabelo exerce nella; e he visivel que esta força obra no mesmo sentido que a affinidade reciproca das moleculas d'agoa, de sorte que ella tende a diminuir o effeito da força elastica do calorico interposto na mesma agoa. De mais ella augmenta á medida que o hygrometro perde da sua agoa; e diminue, á medida que elle se embebe de huma nova quantidade deste liquido, de maneira que há hum termo em que, o hygrometro estando saturado, se julga tornar-se nulla.

CCCIII. Devemos observar tambem, para a intelligencia dos phenomenos, que se suppõe a massa do cabelo assaz pequena para que se possa desprezar a ligeira quantidade d'agoa que elle rouba ou que cede ao ar ambiente, ainda que seja esta agoa a que determine as variações e, por huma consequencia necessaria, as indicações do instrumento. Nós já fizemos huma semelhante nota, a respeito do thermometro (141).

CCCIV. Isto posto, concebamos que se põe no meio de huma massa d'ar saturado de vapor, hum hygrometro que marque o gráo de extrema humidade. Nada acontecerá de novo; porque a affinidade do hygrometro para a agoa estando satisfeita neste termo, sua acção he nulla, de sorte que a agoa de que o cabelo está humedecido, estando no mesmo cazo que aquella que se suppoz ter fornecido ao vapor que fez subir este fluido ao seu ponto de saturação, o equilibrio que existia, relativamente a esta agoa, terá lugar igualmente para aquella.

CCCV. Imaginemos pelo contrario que o hygrometro, chegando ao meio do ar saturado, esteja abaixo do ter-

mo da extrema humidade. Então a affinidade do cabelo para a agoa não estando satisfeita, attrahirá para o cabelo huma parte do vapor que contém o ar, até que tenha exgotado toda a sua acção. Neste momento o equilibrio do systema será o mesmo que no exemplo precedente (304), isto he a indicação do hygrometro concordará com o estado actual do ar.

CCCVI. Estando tudo nesta situação, concebamos que a quantidade do vapor diminue no ar, e que a temperatura fica a mesma, do que resulta que o ar estará abaixo do seu ponto de saturação. A agoa de que o cabelo está embebido estando logo no mesmo cazo que huma massa deste liquido, isolada no meio do ar, a força elastica do calorico que ella contém converterá huma parte em vapor. Ao mesmo tempo a affinidade do cabelo tornará a fazer-se visivel, e começará a exercer sua força para reter as moleculas aquozas que tendem a escapar-se. Estabelecer-se-há então hum novo ponto de equilibrio, no termo em que a força elastica do calorico contido na agoa do hygrometro, menos as duas affinidades que sollicitão esta agoa (302), estiver em equilibrio com a força elastica do calorico interposto no vapor, menos a affinidade deste vapor para si mesmo. Então o hygrometro tendo descido abaixo da extrema humidade, fará conhecer que o gráo do ar he em si mesmo inferior ao da saturação.

CCCVII. O mesmo effeito terá lugar, se se suppõe que o ar tendo padecido huma elevação de temperatura, sem que seja augmentada a quantidade de vapor de que elle estava carregado, se põe no meio deste ar hum hygrometro que marque o termo da extrema humidade. Neste cazo, o cabelo cederá ainda ao ar huma parte d'agoa de que elle está embebido até que haja equilibrio entre as forças ás quaes esta mesma agoa e o vapor ambiente estão submettidos.

Das differentes cauzas que complicão a marcha do Hygrometro.

O que viemos de dizer basta para as circunstancias ordinarias, em que o que consulta o hygrometro não se propõe mais que a conhecer, por meio delle, se o ar está proximo ou distante do ponto de saturação, isto he, se tem huma dispozição proxima a ceder dos vapores contidos em si, ou a receber novos pela temperatura actual.

Porém este unico conhecimento não basta ao physico que dezeja por-se em estado de comparar as variações do hygrometro com as differentes quantidades de vapores de que o ar está carregado. Isto exige certas considerações relativas ás diversas cauzas que se combinão para influir na marcha do instrumento.

CCCVIII. Quando o ar no meio do qual está posto o hygrometro soffre huma elevação de temperatura, sem receber novos vapores, o calorico tornando-se mais abundante, determina, como temos já visto (307), a evaporação d'huma parte d'agoa contida no cabelo, o que determina a que este se encolha; porém d'outra parte, a acção do calorico alonga o cabelo, penetrando-o, e desta fórma tem-se dois effeitos oppostos, hum hygrometrico, o outro pyrometrico. Estes mesmos effeitos tem lugar em sentido contrario, se o calor diminue. O cabelo, neste cazo, se carrega de huma porção superabundante de humidade que elle rouba ao ar, o que o determina a alongar-se, e ao mesmo tempo o resfriamento obra para o encolher. Destes dois effeitos, aquelle que nós chamamos *hygrometrico* he muito mais sensivel que o outro, e sua preeminencia augmenta, á medida que a humidade se torna mais consideravel. Segue-se disto que, tudo compensado, a elevação de temperatura, em hum espaço em que a quantidade de vapor se suppõe constante, faz sempre marchar o hygrometro para o ponto da extrema seccura, e o abaixamento de temperatura lhe imprime sempre hum movimento contrario para o ponto da extrema humidade. Estas variações são unicamente hum pouco menos sensiveis que na hypothese em que a acção pyrometrica fosse nulla.

CCCIX. Supponhamos que hum hygrometro posto primeiramente em huma planice, marca 50° d'humidade, por huma temperatura que seja, por exemplo, de 15° acima de zero, no thermometro dito de Réaumur, e que depois transportado o mesmo instrumento ao simo de huma montanha, marque 56°, se bem que o thermometro não está a mais que 8.° O physico que dezejaria saber se o ar da montanha seria mais humido ou mais secco que o da planicie, se acharia embaraçado em quanto não tivesse os dados necessarios para resolver este problema, porque, suppondo-se haver de huma e outra parte a mesma quantidade de vapores, só o abaixamento de temperatura bastaria para fazer avançar o cabelo para a extrema humidade, por cauza do excesso do effeito hygrometrico sobre o effeito pyrometrico (308). Sómente elle

avançaria mais no mesmo sentido, se o ar da montanha fosse mais humido que o da planice. Mas seria possivel que elle seguisse ainda a mesma marcha, ainda que de hum modo menos sensivel, se o ar da montanha sendo mais secco que o da planice, o effeito desta differença em contrahir o cabelo fosse menor que o do abaixamento da temperatura em o alongar.

A questão se reduz por tanto a saber quantos gráos de abaixamento de temperatura faria subir o hygrometro para a humidade, suppondo-se que havia em tudo uniformidade de vapores. Se o numero de gráos de que se trata for igual á differença 6 entre as duas indicações do instrumento, concluir-se-ha que o ar da montanha está tão carregado de vapores como o da planice; se fosse mais pequena ou maior que 6, provar-se-hia que o ar da montanha era mais humido ou mais secco que o da planice.

CCCX. Para que os physicos se pozessem em estado de resolver o problema, Saussure construio huma taboa de correcção, que faz conhecer quanto o cabelo, chegando a tal gráo de sua escalla, se alonga ou se encolhe, pelo excesso do effeito hygrometico sobre o effeito pyrometrico, quando a temperatura se eleva ou se abaixa hum gráo (1). Vê-se, examinando esta taboa, que as variações do hygrometro segue huma marcha assaz regular desde 25° de escalla deste instrumento até 72°; neste intervallo, ellas crescem ou decrescem, quazi, em progressão arithmetica, de modo que a differença entre os dois termos consecutivos he igual quazi a $\frac{1}{30}$ de hum gráo. Segundo esta observação, para se obter a solução do problema proposto, não necessitamos senão de conhecer o numero que reprezenta a variação do hygrometro por hum gráo do thermometro, quando o instrumento está a 50° de sua escalla. Este numero sendo 1,283 ou mais simplesmente 1,3, nós o consideraremos como o primeiro termo de huma progressão arithmetica, na qual a differença he $\frac{1}{30}$ ou 0,033, e o numero dos termos he 7 como indica o abaixamento de temperatura. Fazendo uzo destes dados, acha-se pela somma destes termos 9°, 8, os quaes juntos á 50° fazem 59°, 8. Tal seria pois o ponto que marcaria o hygrome-

(1) Essais sur l'Hygrométrie, n.° 86 e seg.

tro sobre a montanha, na hypothese de que o ar que ahi se respirasse contivesse a mesma quantidade de vapores que o ar da planicie. Porém o hygrometro não marcava sobre a montanha mais que 56°, do que se concluirá que o ar ahi era mais secco que na planicie.

CCCXI. Outro problema cuja solução deve ser olhada como o objecto final da hygrometria, he o que consiste em achar a razão entre os gráos do hygrometro, para os do thermometro, e as quantidades de vapor contidas em huma porção determinada de massa d'ar ambiente. Saussure delineou o trabalho relativo a esta determinação: Deluc foi muito mais longe por suas numerozas experiencias nas quaes elle teve huma sagacidade e huma constancia iguaes á sua delicadeza. Porém o hygrometro empregado por este celebre physico era aquelle cuja peça principal he, como temos dito huma laminazinha de balea, e he pelo menos duvidozo que a marcha deste instrumento concorde com a do hygrometro de cabelo, que parece ser preferido pelos physicos.

O hygrometro foi por muito tempo desprezado nas observações meteorologicas; com facilidade se julga segundo o que se tem dito, quanta precizão há de o associar ao thermometro e ao barometro, para se estar em estado de desenredar a complicação das differentes cauzas que influem nas variações da atmosphera, e só por huma longa serie de observações feitas com o concurso destes diversos instrumentos, juntos a todos os indicios que se tirão do estado do cêo, he que nós obteremos dados para presagiar, com grande probabilidade, as mudanças do tempo, e chegar a huma theoria plausivel sobre este objecto tão interessante, e naturalmente feito para excitar a nossa curiosidade. Nós estamos em huma continua dependencia da atmosphera e da alternativa dos dias serenos e chuvozos, para os trabalhos da agricultura, para nossas viagens, para nossas diversas emprezas, e mesmo para nossas festas. Nós achariamos depois o util e o agradavel em hum genero de conhecimentos que nos põe em estado de nos precaver-mos contra o que temos, e hir avante do que faz as nossas esperanças.

Dos Tubos Capillares.

CCCXII. Todas as agoas tranquillas tem sua superficie em nivel, quando suas moleculas não são sollicitadas senão pelas acções da gravidade cujas direcções são sempre

perpendiculares a esta mesma superficie. Porém basta prolongar hum corpo no liquido, para que este nivel seja alterado. Se o corpo he, por exemplo, huma lamina de vidro, a parte adjacente do liquido se curva para cada face, de maneira que todos os seus pontos de contacto com ella formão huma linha horizontal situada acima do nivel. Na Figura 24, *abeg* reprezenta hum corte da lamina de vidro, feito por hum plano vertical, perpendicularmente ás grandes faces desta lamina; Mc' cN o nivel d'agoa, e *hf*, *h'f'* as duas curvaturas deste liquido.

CCCXIII. Substituindo-se hum tubo á lamina de vidro, a agoa se elevará da mesma sorte dentro e fóra, formando duas pequenas concavidades, cujas bordas superiores coincidirão com dois anneis do tubo situados acima do que corresponde ao nivel. Porém nós não nos occuparemos senão da concavidade que he produzida no interior.

Em quanto o tubo tiver hum diametro de huma certa extensão, a concavidade não será sensivel senão perto de suas paredes, de sorte que a agoa parecerá ainda nivelada em toda a parte media circunscripta pelo tubo. A' medida que se escolherem tubos mais estreitos, a concavidade se tornará maior; e haverá hum termo em que o ponto que corresponde ao eixo do tubo começará a passar visivelmente além do nivel; e finalmente, se o interior do tubo reprezentar hum tubo mui delicado, o liquido, no momento da immersão se lançará a elle, e nelle se demorará suspenso em huma altura consideravel. Esta experiencia que põe o phenomeno em huma das circunstancias em que elle mais admira, fez nascer a denominação que se lhes deu de *Phenomeno dos tubos capillares*, ainda que elle esteja submettido, como os outros, á lei da continuidade, e marche por hum progresso de gradações insensiveis.

CCCXIV. Os mesmos effeitos tem lugar, guardada a proporção, pelo que diz respeito a todos os outros liquidos susceptiveis de molhar o vidro, o que não he com tudo tão geralmente huma verdade como se tinha crido á primeira vista, como ao depois explicaremos. Mas empregando-se o mercurio, as mudanças de figura e de posição que padece a superficie deste metal liquido se farão em sentido opposto. Na experiencia de huma simples lamina de vidro, a parte adjacente do mercurio sec urvará de huma e outra parte, de modo que as extremidades da curvatura *fh* ou *f'h'* (fig. 25) estaráõ sobre huma linha horizontal situada abaixo do nivel. Empregando-se hum tubo, principalmente se elle for estreito, ver-se-há a super-

ficie do metal liquido tomar no interior huma figura convexa, cujas bordas estarão adhrentes a hum annel do tubo inferior ao nivel: mas este effeito suppõe que se toma o tubo tal como elle se apprezenta; porque veremos ao depois, que por meio de certas precauções pode-se obter da mesma sorte a elevação do mercurio acima do nivel.

CCCXV. A lei do phenomeno tal como a dá a experiencia, consiste em que hum liquido se eleva em differentes tubos homogeneos, a alturas que estão mui proximamente na razão inversa dos diametros destes tubos (1); e se se trata do mercurio, seu abaixamento além do nivel está submettido à mesma razão.

CCCXVI. A observação faz vêr ainda que as alturas ás quaes differentes liquidos se elevão em hum mesmo tubo, não tem lugar em razão da leveza especifica destes liquidos; por exemplo, o alkohol e os oleos se elevão menos que a agoa.

CCCXVII. Por fim untando-se o interior do tubo ligeiramente com huma materia gorda, tal como o sebo, o liquido no qual se prolonga o tubo, se abaixa logo para baixo do nivel, formando huma ligeira convexidade na superficie superior. Mas pouco a pouco elle sobe no tubo, chega ao nivel, depois sobe acima, ainda que menos que quando o tubo estava limpo; e então a superficie superior he concava.

Diversas cauzas de que se tem feito depender os effeitos dos Tubos Capillares.

CCCXVIII. A explicação dos phenomenos que viemos de descrever tem apurado muito os talentos dos physicos. Huns tem procurado dár a razão, suppondo que o ar, não podendo introduzir-se no tubo senão com

(1) Para que estas experiencias, que são delicadas, dêm resultados comparaveis, he precizo prolongar o tubo inteiramente no liquido, e depois de o ter tirado, sacudilo por muitas vezes, ou toca-lo com outro corpo, até que suas paredes não fiquem mais que ligeiramente humedecidas. Hauksbée sentio a necessidade destas precauções, e porque muitos physicos as desprezarão, he a razão porque se achão tantas diversidades nas alturas ás quaes elles dizem ter visto a agoa, e outros liquidos, elevar-se nos tubos de hum diametro dado.

difficuldade e em pequena quantidade, exercia sobre a columna interior, huma pressão menor que a do ar ambiente sobre o liquido exterior; e objectando-se-lhes que os mesmos effeitos tinhão lugar no vacuo, elles respondião que como nunca se podia fazer hum vacuo perfeito, o ar que restava debaixo do recipiente em todas as partes exteriores ao tubo, conservando a mesma relação com o ar interior, a desigualdade de pressão e a differença de nivel que era a consequencia, devião ainda subsistir: outros recorrerão a hum fluido mui subtil, para explicarem o phenomeno, e as opiniões se dividião de novo sobre o modo de obrar deste fluido. Segundo huns, suas particulas erão de huma fórma globoza que lhe não permittião arranjarem-se exactamente em hum tubo de hum pequeno diametro, para exercer, sobre a columna que occupava este tubo, huma pressão igual á que as columnas exteriores experimentavão da parte do mesmo fluido; segundo outros, a materia subtil formava pequenos turbilhões, cujas moleculas tendo hum movimento circular nos planos que passão pelo eixo do tubo, e vindo a encontrar o orificio inferior, impellião debaixo para cima a columna contida neste tubo.

Huma unica reflexão bastava para deitar por terra estas hypotheses; vem a ser, que as alturas a que se elevão differentes licores em hum mesmo tubo, não estão em razão da leveza especifica destes licores, o que teria lugar nestas mesmas hypotheses, pois que o fluido subtil que produziria os phenomenos, de qualquer maneira que obrasse, deveria favorecer mais a elevação dos liquidos menos densos, os quaes serião por isto menos susceptiveis de se opporem á sua acção.

Desta fórma, os physicos inutilmente se exforçavão em quererem achar nos agentes exteriores invisiveis a verdadeira cauza do phenomeno; se bem que esta cauza existia no mesmo tubo que elles tinhão entre as mãos, e dependia desta especie d'attracção que se designou pelo nome *d'attracção a pequenas distancias.*

CCCXIX. Newton, depois de achar, na gravitação universal, o principio dos movimentos celestes e dos phenomenos nos quaes a natureza obra em grande sobre as massas, algumas vezes separadas por immensos intervallos (39), observou tambem os effeitos de huma certa attracção que não obrava senão mui perto do contacto, e de molecula a molecula. Os chymicos que tinhão continuamente debaixo dos olhos exemplos da acção desta for-

ça, na composição e decomposição dos corpos, a adoptarão debaixo do nome *d' affinidade.* Os physicos tardarão mais a reconhece-la em outros effeitos, em que as substancias que ella sollicita, conservão seu estado natural; como tem lugar pelo que diz respeito aos tubos capillares. Elles antes querem attribuir estes effeitos á pressão de qualquer effluvio, ou de qualquer turbilhão de materia subtil, que se offereça debaixo da apparencia especial de huma cauza mecanica, mas que os phenomenos desmentem sempre por alguma parte, ainda que houvesse a liberdade de lha applicar com anticipação, modificando-a á vontade. Era como o ultimo refugio dos turbilhões, que depois de terem sido banidos dos espaços celestes, procuravão conservarem-se nos escondrijos da natureza onde a attracção, produzida debaixo de outra fórma, lhe disputava ainda o lugar. Comparava-se esta attracção com a primeira, e como ella differia na sua maneira de obrar, em razão ás distancias, e por se modificar segundo as diversas circunstancias em que ella obra, accuzava-se os physicos que a adoptavão, de a multiplicar arbitrariamente; e de imaginarem tantas attracções particulares quantos os novos factos que se apprezentavão a explicar. Mas hum exame attento bastava para fazer reconhecer que suppondo mesmo que esta attracção seja distincta da gravitação universal; ella ao menos não deixa de ser huma força unica em seu genero, que se estende por huma classe de numerozos phenomenos, e cujas diversidades dependem daquellas que existem entre os mesmos corpos sobre os quaes sua acção se exerce. Newton notava que esta força huma vez admittida toda a natureza se tornava simples e em tudo de accordo comsigo mesmo; posto que a astronomia physica de huma parte, e a physica ordinaria da outra, tivessem cada huma sua attracção, e repartissem entre estas duas forças a explicação dos movimentos que, de longe, os vemos, e d' outros que precizão seguirem-se de perto. Mas póde ser mesmo que isto não seja bastante, pois que por via de huma hypothese plausivel da qual fallámos mais acima (85), chegar-se-ha a simplificar ainda o painel, fazendo das duas attracções huma só.

CCCXX. A maior parte dos physicos modernos concordão em olhar a attracção a pequenas distancias como a verdadeira cauza dos phenomenos que apprezentão os tubos capillares. Porém elles differem entre si em seu modo de conceber o mecanismo por via do qual esta cauza eleva a agoa acima do seu nivel. Segundo Hauksbée, no

mesmo instante em que hum tubo capillar entra n'agoa por huma de suas extremidades, o annel de vidro, situado no mesmo lugar, obrando por forças perpendiculares sobre a pequena lamina de liquido que a emersão poz em contacto com seu interior, a faz especificamente mais livre; a pressão desta lamina sobre as partes situadas debaixo d'ella achando-se desta fórma diminuida, a do liquido ambiente, que se torna preponderante, impelle a lamina da agoa para o interior do annel seguinte, e faz entrar huma nova lamina em seu lugar no interior do annel terminal. Os dois anneis exercendo então acções semelhantes á primeira, sobre a porção de liquido que os banha, a pressão d'agoa ambiente faz subir huma nova camada d'agoa no tubo, e assim por diante, até que a columna do liquido tenha chegado a huma tal altura, que seu peso, diminuido pela attracção, faça equilibrio á pressão do liquido ambiente (1).

Jurin, que fez huma serie de experiencias interessantes sobre os effeitos dos tubos capillares, attribue ao contrario a elevação d'agoa á attracção do annel situado immediatamente acima da columna que fórma este liquido. Nesta hypothese, a força que faz subir a agoa, e a que a suspende depois na sua maior altura, se exerce constantemente debaixo para cima, em direcções quazi parallelas ao eixo do tubo, o que se affasta menos da verdade do que o mecanismo imaginado por Hauksbée, para explicar o mesmo phenomeno (2).

Veitbrecht publicou sobre o mesmo assumpto hum trabalho muito extenso, no qual procede methodicamente, por huma serie de proposições, cujo encadeamento dá huma apparencia especial á theoria (3). Elle se approxima da opinião de Jurin, a respeito da parte do tubo na qual rezide a acção principal, e estabelece huma distincção, da qual ao depois se sentirá a precizão, entre a camada d'agoa que banha o tubo, até á distancia a que se estende a attracção do vidro, e o cylindro formado pela parte do liquido que esta camada apanha. Segundo elle, esta mesma camada he sustida pelo annel de vidro situada acima d'ella; a pezar de que ella sustem de sua par-

(1) Expériences Physico-Mécaniques sur différens sujets, Paris, 1754, t. II, p. 143 e seguintes.

(2) Vejão-se, les Leçons de Physique expériment., par Côtes, p. 410 e seguintes.

(3) Memoires de l'Académie de Pétersbourg, t. IX.

te, em consequencia da coherencia, as moleculas que compõe o cylindro interior.

CCCXXI. Os authores destas hypotheses pensarão que podião demonstrar rigorozamente a razão inversa entre as elevações ou abaixamentos de hum mesmo liquido, e os diametros dos tubos que n'elle se prolongavão, suppondo estes tubos homogeneos. Por exemplo, na hypothese de Jurin, quando o liquido se elevava acima do nivel em dois tubos differentes, as attracções estavão entre si como as circonferencias destes tubos, ou, o que he o mesmo, como seus diametros; mas ellas estavão ao mesmo tempo como os pesos dos cylindros de liquido suspensos nos tubos, isto, he como os quadrados dos diametros multiplicados pelas alturas, o que dá a razão inversa entre os diametros e a altura (1).

O grande defeito destas hypotheses e de muitas outras que nós omittimos, provinha das abstracções que seus authores fazião, de sorte que hum facto realmente complicado de immensas acções differentes e desiguaes, se tornava de huma simplicidade illusoria, pelo modo vago com que elles o consideravão. Parecia que o principio tinha sido arranjado, para chegar ás consequencias indicadas pela observação dos phenomenos.

CCCXXII. Clairaut foi o primeiro que emprehendeo submetter estes phenomenos a huma analyse rigoroza, elle encarou, na sua reunião, as diversas forças que concorrem a produzillas, taes como o peso, a attracção das moleculas do tubo sobre as moleculas do liquido, e as attracções mutuas destes; e de mais elle attendeo a huma circunstancia essencial, desprezada pelos outros physicos, a saber, a figura concava ou convexa que toma a superficie superior do liquido contido no tubo (1). Mas sua theoria, concebida na verdade com muita sagacidade, não resolve a questão senão de huma maneira incompleta. Elle se contenta com fazer vêr que aqui há immensas leis de attracções admissiveis, entre as quaes poder-se-há sempre escolher huma que dê a razão inversa entre os diametros do tubo e a elevação do liquido acima do nivel. Desta maneira elle prova bem que sua formula comprehende a palavra enigma,

---

(1) Sejão D, d, os diametros, e H, h as alturas; ter-se-há pela suppozição, $D : d :: D^2 \times H : d^2 \times h$; d'onde se tira $H : h :: d : D$.

(2) Théorie de la Figure de la Terre, p. 105 e seg.

mas sem poder declara-lo. A imperfeição de seu methodo consiste em que elle supunha que a attracção do tubo capillar se estendia a distancias sensiveis, o que tem feito entrar na sua theoria termos que se desvanecem, e de que seria precizo desembaraça-la.

Theoria de Laplace.

CCCXXIII. O trabalho de Clairaut que, a pezar de que deixa a dezejar, obscurece tudo quanto tinha sido feito até então neste genero, desaparece com tudo diante do de Laplace. Este sabio illustre, considerando a acção do tubo capillar como sensivel sómente a distancias imperceptiveis, desde logo restringio o problema a seus verdadeiros dados; e os geometras já em estado de seguirem os calculos, reconhecerão duplicadamente o author da *Mecanica Celeste*, em huma solução na qual elle se servio das mesmas formulas que tinha creado para explicar os maiores phenomenos da natureza (1). Na expozição razoada que yamos dar dos resultados a que se conduzio, seguiremos a marcha que elle mesmo felizmente nos quiz traçar.

Acção de huma massa de Liquido sobre huma columna situada no interior.

CCCXXIV. Supporemos desde logo que a massa do liquido da qual nós temos que considerar a acção ter huma baze plana, por que esta acção entra como elemento na determinação da que exerce hum liquido convexo ou concavo.

Reprezentemos por *abcd* (fig. 26) a massa de que se trata, e examinaremos o effeito de sua attracção, a distancias imperceptiveis, sobre huma columna infinitamente delicada *or* contida no seu interior, e perpendicular á baze *ab*. Tendo tomado na parte superior *oz* desta columna huma molecula *m*, situada a huma distancia de *ab* menor que a exphera d'attracção sensivel no liquido, se conduzirmos, porbaixo da molecula, hum plano *lh*, do qual ella esteja tão distante como do plano *ab*, he vizivel que ella será igualmente attrahida para cima e para baixo, pela pequena massa de liquido que intercepta os dois pla-

(1) Théorie de l'Action Capillaire, ou supplément au dixiéme Livre du Traité de Mécanique celeste. Paris, 1806.

nos *ab*, *lk*, pois que há igualdade entre as quantidades de liquido situadas de huma e outra parte. Porém o liquido inferior ao plano *lk*, e cuja acção não he contrabalançada por nenhuma outra, attrahirá para baixo a molecula *m*, e este effeito terá lugar até a huma distancia igual ao raio da esphera d'attracção sensivel do liquido. O mesmo raciocinio se applica a qualquer outra molecula distante de *ab* em huma quantidade menor que a distancia de que acabamos de fallar. Ora, como a parte *ox* da columna obra de sua parte nas partes inferiores, impelindo-as para baixo, podemos considerar o effeito da attracção como huma pressão que a columna exerceria sobre huma baze situada no interior da mesma columna, perpendicularmente a seus lados, e a huma distancia sensivel da superficie *ab*.

CCCXXV. Não será inutil considerar tambem a acção da massa *abcd* sobre huma columna infinitamente delicada *or'* incluida em hum canal situado acima do plano *ab*, de modo que seu eixo coincida com o prolongamento do eixo da columna *ro*. Escolhamos na primeira, huma molecula *m'* cuja distancia ao plano *ab* seja a mesma que a da molecula *m* em sentido contrario. A massa *abcd* obrará sobre a molecula *m'*, como a massa *lkcd* obra sobre a molecula *m*, do que concluiremos que a molecula *m'* he tambem attrahida para baixo. Poder-se-hà estender a mesma comparação a qualquer outra molecula situada na columna *or'*, a huma distancia conveniente de *ab*, suppondo huma nova molecula posta na mesma distancia na columna *or'*, e transportando, pelo pensamento, o plano *lk*, de modo que a nova molecula esteja delle tanto distante como do plano *ab*, donde se concluirá que a acção da massa plana *abcd* sobre a columna *or'* produz na parte inferior desta columna huma tendencia a descer, que se communica a toda a columna.

CCCXXVI. Concebamos agora que a massa de liquido, em lugar de ser plana, seja terminada por huma convexidade espherica *qol* (fig. 27) de hum raio qualquer, tangente ao plano *ab*, e vejamos em que se torna a primeira acção, pela suppressão da especie de menisco *ablq*. Assim a questão se reduz a determinar a acção deste menisco, e a supprimilla da massa plana. Seja *s* huma molecula tomada como se quizer no interior do menisco, a huma distancia do ponto *o*, menor que o raio da esphera da actividade do liquido. Tracemos a linha *so*, depois a linha *sh*, de maneira que o triangulo *osh* seja isoceles. A

molecula *s* exerce sobre o ponto *o* huma força obliqua da qual huma parte obra para attrahir este mesmo ponto para baixo. Mas a molecula *s* exerce sobre o ponto *h* outra força obliqua da qual huma parte tem huma acção igual para attrahir este ultimo ponto para cima, de sorte que esta acção destroe a que tende a fazer descer o ponto *o*. Póde-se conceber no interior do triangulo outras linhas tiradas do ponto *s* sobre a baze *oh*, a distancias iguaes de suas extremidades, e applicando o mesmo raciocinio ás forças que se exercem segundo estas linhas, concluir-se-há que a acção da molecula *s* he nulla para fazer descer ou subir a parte *oh* da columna *or*.

Porém esta molecula exerce tambem acções obliquas sobre os pontos situados abaixo de *h*, até á distancia honde a attracção cessa de ser sensivel, e porque o angulo *shr* he obtuzo, estas acções reduzidas á sentido vertical tendem a attrahir para cima os pontos de que se trata. O que nós dissemos aqui da molecula *s* tem igualmente lugar para todas as outras moleculas situadas no interior do menisco *aoblq*, a distancias convenientes da columna *or*, donde se segue que a acção total do menisco se exerce para fazer mover esta columna debaixo para cima. Ora nós vimos (324) que a acção da massa terminada pelo plano *ab* sollicita ao contrario esta columna a descer. Logo a supressão do menisco augmenta a acção da massa para impellir a columna para baixo, de huma quantidade equivalente á acção deste menisco em sentido opposto; ou, o que vem a ser o mesmo, a acção da massa convexa he igual á acção da massa plana mais a do menisco.

CCCXXVII. Tomemos acima do plano *ab* hum novo menisco *fogba*, cuja concavidade esteja voltada para cima, e procuraremos tambem a acção deste menisco sobre a columna *or*. Se do ponto *o* tirarmos *on* parallela e igual a *hs*, huma molecula situada em *n* obrará sobre as moleculas situadas abaixo de *o*, como a molecula posta em *s* obra nas moleculas inferiores a *h*, e porque a mesma comparação tem lugar entre todos os outros pontos semelhantemente situados no interior dos dois meniscos, concluiremos que a acção total do menisco *fogba* tende tambem a fazer subir a columna *or*, ou o que vem a ser o mesmo, a destruir huma parte da acção produzida pela massa plana. Ora este effeito se torna aqui negativo pela addição do menisco. Logo a acção da massa terminada, pela superficie concava *fog* he igual á acção da massa plana, menos a acção do menisco *fogba*.

CCCXXVIII. Suppondo-se que a linha *ab* que mede a corda do arco *fog* ou *qol* sendo constante, a curvatura deste arco se torne mais sensivel, ou forme huma maior parte da circunferencia, o raio desta se tornará cada vez mais pequeno. Ao mesmo tempo o numero das moleculas contidas em cada hum dos dois meniscos augmentará, e, por huma consequencia necessaria, a acção do menisco crescerá. Ora M. de Laplace demonstra por analyse que esta acção está na razão inversa do raio da superficie esphérica (1).

CCCXXIX. Estes resultados conduzirão a M. de Laplace a huma optima theoria da qual vamos procurar dar huma idea. Imaginemos hum corpo terminado por huma superficie curvilinea de huma figura qualquer, e tomemos, no interior deste corpo hum canal infinitamente delicado perpendicular à superficie em hum ponto qualquer. Se nós suppomos esta mesma superficie cortada em todos os sentidos por planos que lhe sejão perpendiculares e que passem pelo dito ponto, estes planos interceptaráõ diversas curvas das quaes cada huma terá hum circulo osculador no dito ponto, e entre todos os raios da curvatura relativos aos differentes circulos, o maior e o mais pequeno estarão postos em dois planos perpendiculares entre si. Ora a acção do corpo sobre o canal do qual fallamos he igual á semisomma das acções que duas esphera's, que tivessem por raios o maior e o mais pequeno dos raios da curvatura, exercerião cada huma sobre hum canal semelhante situado no interior. No cazo que o canal que contém o corpo correspondesse ao ponto situado como *o*, e cujo solido fosse de revolução, á roda da perpendicular a este mesmo ponto, he visivel que todos os

---

(1) Seja H huma quantidade constante, e *b* o raio da superficie espherica. A acção do menisco será em geral $\frac{H}{b}$, e se designar-mos por K a acção da massa plana, a da massa convexa será $K + \frac{H}{b}$, e a da massa concava $K - \frac{H}{b}$. Observaremos que K he muito maior que $\frac{H}{b}$. A maneira como H e K dependem da lei d'attracção está desenvolvida na Memoria de M. de Laplace.

raios da curvatura sendo iguaes, haveria tambem igualdade entre as duas espheras, cujas acções, tomadas por ametade, dêm a do corpo; donde se segue, que a acção será a mesma que a de huma das duas espheras.

CCCXXX. A mesma theoria serve para determinar a figura da curva que produz a secção da superficie do liquido por hum plano vertical. Quando este liquido he contido em hum vaso indefinido, a curva de que se trata he semelhante á que os geometras chamão *elastica*, porque he a figura que tem huma lamina de molla fixa horizontalmente, por huma de suas extremidades, a hum plano vertical, e carregada na extremidade opposta, com hum peso, cuja acção fórce esta lamina a curvar-se. A analogia entre a figura da secção da qual viemos de fallar e a da elastica, provém de que em huma e outra a força devida á curvatura he recíproca ao raio do circulo oscilador.

CCCXXXI. Nos tubos estreitos, a superficie do liquido se approxima da do segmento espherico, á medida que os diametros destes tubos são mais pequenos, e a mudança de figura se faz então de huma maneira tão pouco sensivel, que quando os tubos são ao mesmo tempo homogeneos, os segmentos são quazi semelhantes. Isto he o que se conceberá, se se julga como nulla a distancia em que a acção do tubo cessa de ser appreciavel; „ de sorte, diz M. de Laplace, que se, por meio de hum microscopio se chega-se a faze-lo parecer igual a hum millimetro, he verosimil que o mesmo poder amplificante daria ao diametro do tubo huma grandeza apparente de muitos metros. „ A superficie do tubo póde logo ser considerada como sendo plana quazi em hum intervallo medido por esta distancia. O liquido que corresponde a este intervallo, subirá logo ou abaixará desde a superficie quazi como se ella fosse plana; donde resulta, que os primeiros elementos da curvatura terão sensivelmente a mesma inclinação nos differentes tubos.

Além deste lugar, o liquido não estando submettido senão á acção do peso, e á sua acção sobre si mesmo, a primeira não tem mais que huma pequena influencia para perturbar a outra, seja porque a differença de nivel he mui pouco sensivel no pequeno espaço que corresponde ao diametro do tubo, seja porque a acção do liquido sobre si mesmo tem tanta superioridade sobre a do peso, quanto o raio da curvatura da superficie he mais pequena. Neste cazo, a superficie será, quazi, a de hum segmento espherico, cujos lados extremos sendo os mesmos que os

dos planos situados na extremidade da esphera d'attracção, são igualmente inclinados ás paredes do tubo, qualquer que seja o seu diametro, donde se segue que todos os segmentos serão tambem quazi semelhantes entre si. Resulta desta similitude, que os raios das superficies convexas ou concavas do liquido, nos tubos estreitos, são sensivelmente proporcionaes aos diametros destes tubos. Vêr-se-há logo a que tende esta consequencia notavel.

CCCXXXII. Se o tubo he inclinado ao horizonte, a superficie do liquido he ainda quazi a de hum segmento espherico, ao qual o eixo do tubo he perpendicular, porque a acção do peso nos tubos muito estreitos póde ser desprezada relativamente á acção capillar.

Applicação da Theoria precedente aos Phenomenos dos Tubos Capillares.

CCCXXXIII. Seja *epcd* (fig. 28) o corte de hum tubo capillar prolongado verticalmente n'agoa, cujo nivel he indicado pela horizontal MN; Seja *fog* a superficie concava d'agoa contida no tubo, e *or* huma columna infinitamente delicada deste liquido, situada no lugar do eixo do tubo. Tomemos igualmente n'agoa ambiente huma columna vertical *hs*, infinitamente delicada, e a bastante distancia do tubo, para que este não tenha alguma influencia sobre ella; depois imaginemos hum canal horizontal *sr*, por via do qual as duas columnas se communiquem. Trata-se de provar que as forças que sollicitão estas columnas e as conservão em equilibrio huma com a outra, determinão na columna *or* huma elevação acima do nivel, que está na razão inversa do diametro do tubo.

Segue-se do que se disse acima (327), que se a columna *or* tivesse huma altura simplesmente igual á columna *hs*, sua pressão sobre a baze *r* seria menor que a da columna *hs* sobre a baze *s*, sendo a primeira columna terminada por huma superficie concava, posto que a segunda o he por huma supergcie plana; deste modo o liquido se elevará no tubo acima do seu nivel, para compensar a differença de pressão, pelo augmento do peso. Ora esta compensação depende da acção negativa do menisco *fgba*, o qual está na razão inversa do raio da curvatura no ponto *o* (328). Porém nos tubos estreitos, as superficies dos meniscos tem quazi a figura de hum segmento de esphera, e de mais são semelhantes entre si (331), de sorte que seus raios são proporcionaes aos diametros

dos tubos e ao mesmo tempo aos raios da curvatura. Logo a acção do meniseo segue tambem a razão inversa do diametro do tubo e por consequencia a elevação do liquido está submettida á mesma razão.

Resulta de huma experiencia citada por Newton (1), que em hum tubo de vidro cujo diametro seja de $\frac{1}{50}$ de polegada ingleza (0 mil., 508), a agoa se elevava huma polegada ingleza (25 mil., 4). Temos obtido, empregando hum tubo cujo diametro era de dois millimetros, huma elevação de quazi 6 mil., 75 (2), resultado que, comparado com o de Newton, dá quazi a razão inversa entre as elevações do liquido e os diametros dos tubos (3); com outro tubo cujo diametro era de 1 mil., 33, a elevação foi de quazi 10 millimetros. Achamos que o oleo de laranja era quazi metade da elevação d'agoa.

CCCXXXIV. Supponhamos agora que a superficie do liquido interior, em lugar de ser concava he convexa, como se vê (fig. 29). Então a pressão da columna infinitamente delicada *or* sobre a baze *r*, sendo maior, tudo o mais sendo igual, que a de huma columna *ns*, tomada no liquido ambiente, sobre a baze *s* (326), o effeito da compensação que resulta hade encurtar a columna *or*. Esta compensação he devida á acção pozitiva que provém da pressão de hum menisco semelhante a *aoblq* (fig. 27), e provar-se-há por analogo raciocinio ao que fizemos para o cazo reprezentado (fig. 28), que quando os tubos são estreitos, a acção de que se trata segue a razão inversa dos seus diametros, do que se concluirá que o abaixamento do liquido além do seu nivel está submettido á mesma razão.

---

(1) Optice lucis, lib. III. quæst. 31.

(2) Nós fizemos esta experiencia, assim como a maior parte das que havemos de fallar ao depois, em sociedade com M. Tremery, engenheiro de minas e professor de physica, e com M. Tondi, sabio napolitano, addido ao Museo de Historia natural.

(3) Achase pelo calculo, 6 mil., 45, partindo do resultado de Newton.

Nós empregámos para as experiencias deste genero, os mesmos tubos que nos tinhão servido para as que tinhamos feito sobre a agoa. Com o tubo de dois milimetros de diametro, o mercurio se abateo 3 mil., 66 abaixo do seu nivel; com o tubo de 1 mil., 33 de diametro, o abatimenro foi de 5 mil., 5.

Cauza do abatimento do Mercurio abaixo do seu nivel.

CCCXXXV. Os resultados das experiencias ordinarias feitas com o mercurio no qual se mergulha hum tubo capillar, parece, á primeira vista, determinarem huma nova linha de separação entre as propriedades deste metal e as dos liquidos aquosos. Porém diversas observações provão que o abatimento do mesmo metal abaixo do nivel, quando tem lugar, he o effeito de huma ligeira camada de humidade, que reveste a superficie interior do tubo, e cuja interposição enfraquece mui sensivelmente a virtude attractiva do vidro para o mercurio. Casbois, professor de physica em Metz, chegou, por hum processo ingenhozo a introduzir o mercurio perfeitamente secco em hum siphão de vidro, do qual huma das hasteas era capillar, e o outro tinha hum diametro de huma certa extensão; elles erão tapados ambos em suas extremidades, e purgados d'ar no interior. O siphão estando situado de modo que sua convexidade estivesse voltada para o chão, o mercurio se elevava a 2 ou 3 linhas mais acima na hastea estreita do que na outra. Hum barometro cappillar, que tinha sido construido ao mesmo tempo, offerece huma differença igual na elevação da columna de mercurio que occupava o tubo, quando se comparava com hum barometro ordinario (1).

CCCXXXVI. Laplace e Lavoisier tendo submettido o mercurio a huma longa ebulição, antes de o introduzir no tubo de hum destes barometros, fizerão desaparecer a convexidade que termina commummente a columna deste metal liquido. Elles chegarão mesmo a fazer esta columna plana na sua baze. Porém restabelecerão sempre o effei-

(1) Dictionnarie Encyclopedique, Supplement, t. IV., p. 981.

to da Capillaridade; introduzindo huma gotta d'agoa no tubo. Desta fórma o mercurio não toma huma marcha opposta á d'agoa, senão por intervenção de huma cauza que seja estranha não só a este metal liquido mas tambem ao tubo. He hum effeito analogo ao que a agoa sofre de sua parte, quando o tubo que nella se mergulha he untado interiormente com alguma materia gorda, que rouba ao contacto do vidro as moleculas aquozas, e não tendo por si mesmo senão huma fraca acção sobre o liquido, determina a circunstancia em que sua superficie se torna convexa, ou em que, por huma consequencia necessaria elle se sustenha a baixo do nivel.

Cazo em que o Liquido he terminado por huma superficie cylindrica.

CCCXXXVII. De tudo quanto se tem dito até ao prezente he facil concluir, que a elevação d'agoa acima do seu nivel deve ter tambem lugar entre duas laminas de vidro postas parallelamente huma á outra, de modo que deixem entre si hum pequeno intervallo, e prolongadas no liquido por suas extremidades inferiores. A superficie deste liquido fórma então huma especie de rego, semelhante a huma porção destacada de hum cylindro ôco, parallelamente ao eixo. A secção da superficie de que se trata, tomada em sentido prependicular ás faces das duas laminas, he tambem hum arco de circulo, quando as laminas são muito proximas huma da outra, e este arco he o mesmo, que em hum tubo cujo diametro fosse igual á distancia entre as laminas, pois que, como se tem visto (331), os lados extremos da curvatura tem as mesmas posições relativamente a hum plano que relativamente ás paredes de hum tubo. Concebamos agora, no lugar mais baixo da superficie concava do liquido interior, hum canal infinitamente delicado, que redobrando-se por baixo das laminas, vá terminar na superficie do liquido ambiente. Para ajudar esta concepção, póde-se suppor que *pq*, *cd*, (fig. 28) sejão as secções das duas laminas tomadas perpendicularmente ás faces destas mesmas laminas; *orsh* reprezentará o dito canal.

Ora o liquido se eleva entre as duas laminas, em razão da acção do menisco comprehendido entre hum plano horizontal *ab*, conduzido pelo lugar mais baixo da superficie concava *fog* do liquido, e esta mesma superficie. A dita acção he, segundo o theorema (329), igual á se-

misomma das acções dos meniscos formados semelhantemente por duas superficies esphericas, das quaes huma tivesse por raio o da secção que offerece a figura, e a outra o da secção perpendicular á precedente; e porque esta secção he huma linha recta, seu raio he infinito, e por consequencia o menisco que lhe corresponde se torna nullo. Não resta logo mais, para representar a elevação do liquido, que a ametade da acção do menisco formado pela primeira esphera, se bem que relativamente a hum tubo cujo diametro fosse igual á distancia que separa as duas laminas, a elevação do liquido he representada pela acção inteira do menisco. Assim o liquido deve-se elevar huma vez menos entre as duas laminas do que no dito tubo. M. de Laplace generalisou este resultado, metendo-o no cazo dos dois tubos cylindricos encaixado hum no outro, de maneira que seus eixos se confundissem, e o intervallo entre a superficie interior do mais grosso e a superficie exterior do mais fino fosse capillar. A elevação do liquido neste intervallo he tambem ametade da que teria lugar em hum tubo, cujo diametro fosse igual á distancia dos ditos dois tubos. O cazo das duas laminas parallelas he incluido no theorema geral de que viemos de fallar, porque basta suppor os raios dos dois tubos infinitos, com tanto que o espaço intermediario seja capillar.

CCCXXXVIII. O celebre author da theoria, depois de ter descoberto esta relação notavel, dezejava que se verificasse pela observação. Elle reconheceu depois, correndo a optica de Newton, que este grande physico parecia ter prevenido seu dezejo, nas experiencias feitas com todo o cuidado na prezença da Sociedade Real de Londres, e que lhe tinhão apprezentado a mesma igualdade entre o intervallo que separava duas laminas de vidro parallellas huma á outra, e o semi-diametro de hum tubo no qual a agoa se eleva á mesma altura (1). Este tubo, do qual já fallamos (333), tinha $\frac{1}{50}$ de polegada ingleza (0 mil., 508) de diametro, e a agoa nelle se elevava huma polegada ou 25 mil., 4; ora a elevação do liquido era a mesma entre as duas laminas distantes huma da outra $\frac{1}{100}$ de po-

(1) Optice lucis, lib. 3, quæst. 31.

legada ingleza ou o $\frac{\text{mil.}}{254}$. Em huma experiencia que fizemos com laminas separadas por huma distancia de hum millimetro, a agoa se elevou a $\frac{\text{mil.}}{5,5}$, quantidade que he quazi a mesma que a que tinha medido a elevação do liquido no nosso tubo de dois millimetros de diametro.

Nós submettemos tambem á experiencia dois tubos encaixado hum no outro, cujos eixos coincidião. O diametro interior do mais largo era de 8 millimetros, e o diametro exterior do mais estreito era de $\frac{\text{mil.}}{5,5}$, o que dá $\frac{\text{mil.}}{1,25}$ pela distancia entre hum e outro. A agoa se elevava hum pouco acima de 5 millimetros no intervallo medido por esta distancia. Dois outros tubos tinhão, hum, seu diametro interior de 5 millimetros, o outro, seu diametro exterior de 3 millimetros, o que dá hum millimetro de distancia. A elevação d'agoa foi hum pouco menor que 7 millimetros. Estes resultados concordão quazi com os que se obterião empregando tubos simples, cujo meio diametro fosse igual á distancia entre os dois tubos. Desta fórma o theorema geral se acha verificado nos dois cazos extremos.

Os physicos que tinhão procurado dar huma explicação dos phenomenos produzidos pelos tubos capillares, não se occuparão de comparar a acção que tem lugar em hum destes tubos com a que se exerce entre duas superficies parallelas. O modo vago com que concebião estes phenomenos que se apprezentavão como por si mesmo á observação, lhes impedia, de alguma maneira, o accesso destes resultados mais superiores, que não podião ser accessiveis senão por huma theoria susceptivel de ser submettida ao calculo.

Da Curva que fórma a superficie superior da Agoa, entre duas laminas reunidas debaixo de hum pequeno angulo.

CCCXXXIX. Pódem-se dispôr as duas laminas de vidro da experiencia precedente de modo que se toquem por hum de seus lados, formando entre si hum angulo muito agudo: prolongadas que sejão n'agoa de modo que a linha de juncção seja perpendicular á superficie deste liquido, vêr-se-há elevar subitamente este liquido entre as

duas laminas, formando huma curva que voltará sua convexidade para a linha de juncção, e que passará pelas extremidades das differentes alturas a que se deve elevar o liquido, á proporção que o intervallo diminuir entre as duas laminas de vidro. Ora he facil de conceber que esta curva deve ser huma hyperbole. Seja $aa'x'x$ (fig. 30) huma das duas superficies d'agoa contiguas ás paredes interiores das laminas de vidro, ax sendo a linha de juncção desta mesma superficie com a d'agoa, em que as laminas de vidro estão prolongadas, e $b'x'$ a curva formada pelos pontos os mais elevados d'agoa incluidos entre estas laminas. Nós podemos considerar esta agoa como a reunião de muitos pequenos cylindros, que terão por alturas as perpendiculares xx', tt', rr', &c. levantadas sobre ax até ao encontro da curva. Seja zax (fig. 31) a superficie inferior d'agoa contida entre as laminas de vidro, em cujo cazo a linha ax será a mesma que na (fig. 30). Se tirarmos xz, tu, rs &c. (fig. 31), perpendiculares a ax, de modo que as distancias x, tr, ro, &c., sejão as mesmas que (fig. 30), estas prependiculares poderão ser consideradas como os diametros das bazes dos pequenos cylindros, cujas alturas são as linhas xx', tt', rr', &c. Ora, segundo a lei a que está submettido o phenomeno, as alturas xx', tt', rr', &c., estão na razão inversa dos diametros xz, tu, rs, &c., (fig. 31) das bazes; mas estes diametros estão entre si como suas distancias ax, at, ar, &c., ao ponto a. Logo as linhas xx', tt', rr', &c., (fig. 30) estão tambem na razão inversa das linhas ax, at, ar, &c.; do que se segue que a curva $b'x'$ he huma hyperbole, que tem por asymptomas as linhas ax, aa', de maneira que as linhas xx', tt', rr', &c., são as ordenadas á asymptota ax, e as linhas ax, at, ar, &c, as abcissas. Isto he huma consequencia da razão inversa de que já fallamos. Esta experiencia, como se vê, he interessante, porque ella generaliza seu objecto, e reprezenta huma expressão geometrica do phenomeno, traçado pelo mesmo liquido que o produz.

Do movimento dos Liquidos nos Tubos conicos ou entre laminas inclinadas debaixo de hum pequeno angulo.

CCCXXXVI. Tomando-se hum tubo conico, aberto por suas extremidades, e dispondo-se de modo que seu eixo seja horizontal, faça-se correr pelo seu interior huma pe-

quena columna d'agua, ou melhor ainda d'oleo de laranja, vê-se no mesmo instante este avançar-se para o cume do tubo. He facil conceber-se a razão deste phenomeno, segundo a theoria de M. de Laplace. Porque seja *ac db* (fig. 32.) huma secção do tubo, tomada passando pelo eixo *pr* (1), e seja *fg nm* a pequena columna de liquido, em huma posição qualquer, entre as extremidades do tubo. As duas bazes desta columna sendo concavas, o menisco a que pertence a concavidade *fg*, cuja curvatura he mais sensivel, porque corresponde a hum diametro menor, obra com huma força maior, em attrahir a columna para o cume, do que o menisco terminado pela concavidade *mn*, cujo raio he maior, obra para attrahir a columna para a baze (328). Assim, a primeira acção sendo preponderante, a columna se approximará da extremidade *cd*, de maneira que sua velocidade se augmentará de mais em mais. He huma consequencia de que a razão entre as duas curvaturas se torna sempre maior, durante o movimento da columna, seja porque ella se alongue continuamente, á medida que ella se approxima do cume, seja porque a differença dos dois meniscos tende sempre a augmentar-se.

O contrario succederá substituindo-se o mercurio em lugar da agua ou oleo de laranja. Neste cazo, as duas bazes da columna sendo convexas, e a maior curvatura sendo a da baze superior esta differença determinará huma tendencia mais forte da columna para se avançar para a baze do tubo, do que para se conduzir para o cume, e este movimento se fará com huma velocidade que hirá sempre retardando-se.

CCCXXXVII. Se, no momento em que huma columna de liquido se avança para o cume do tubo, se inclina pouco a pouco este tubo para o horizonte, de maneira, por exemplo, que o ponto *p* do eixo sendo fixo, o ponto *r* se abaixe de mais em mais, o movimento da columna se retardará, porque sua tendencia a subir será contrabalançada pela acção contraria do pezo, e haverá hum termo em que as duas forças estando em equilibrio, a columna ficará immovel. Ora, como de huma parte o pezo obra mais, quando o eixo do tubo hé mais inclinado, e de outra parte a força que attrahe a columna para cima do

---

(1) O tubo he aqui reprezentado debaixo da fórma de hum cóne truncado, cuja parte superior seria *ehd*.

tubo he maior na proximidade do cume, concebe-se que em geral he precizo abaixar menos o tubo para o horizonte, para obter-se o equilibrio, quando a columna está mais distante do cume, e abaixar pelo contrario mais, quando a columna está mais vizinha do cume. M. de Laplace demonstrou por analyse, que quando o comprimento da columna he mui pequeno, relativamente á distancia do meio *o* desta columna e o cume *h* do tubo, e que entre tanto he consideravel, relativamente ao diametro que corresponde a este mesmo meio, o seno do angulo que faz o eixo do tubo com o horizonte, no cazo de equilibrio, está quasi na razão inversa do quadrado da distando meio da columna ao cume (1).

---

(1) Tiradas as linhas *hy*, *uz*, tangentes aos arcos *fc*, *mi*, e a linha *st*, paralella ás precedentes, pelo meio de *lx*, designemos *lo* por x, *ol* ou *ox* por a, e reprezentemos por $\frac{b}{f}$ a razão entre o eixo constante do tubo, e o seu diametro. Teremos $ly : lh = x-a :: f : b$, o que dá $ly = \frac{f}{b}(x-a)$. Ora a acção do menisco *fkyg* para elevar huma columna infinitamente delicada cujo eixo se confunde com a linha *lx*, estando na razão inversa do semidiametro do tubo, no lugar do ponto *l*, podemos reprezentalla por $\frac{H}{ly}$ ou $\frac{Hb}{f(x-a)}$. Achar-se-ha por hum calculo semelhante, que a acção do menisco *muzn*, em attrahir para baixo a mesma columna, he $\frac{Hb}{f(x+a)}$. Seja g o pèzo e θ o angulo que mede a inclinação do eixo do tubo. Ajuntando-se á acção que attrahe a columna para baixo o pezo relativo $2ga.$ sen. θ desta columna, ter-se-ha pela força com a qual ella tende a descer, $\frac{Hb}{f(x+a)} + 2ga.$ sen. θ, o que dá a equação $\frac{Hb}{f(x-a)} = \frac{Hb}{f(x+a)} + 2ga.$ sen. θ ,

CCCXXXVIII. O mesmo phenomeno tem lugar, guardada a proporção, quando se empregão duas laminas de vidro reunidas por huma de suas bordas, formando entre si hum pequeno angulo. Neste cazo dispoem-se as laminas de modo que sua borda de juncção seja horizontal, depois introduz-se entre ellas huma gotta de liquido. Concebendo-se no intervallo que as separa huma linha, que sendo perpendicular á linha de juncção, divida pelo meio o angulo de inclinação das laminas, esta linha he o eixo que reprezenta o do cone. Newton, citando experiencias deste genero feitas por Hauskbeé, nota que ellas derão a razão inversa de que fallamos, e que tem lugar aqui entre o seno do angulo de elevação, e o quadrado da dis-

---

que dá, $2.\ ga$ sen. $\theta = \frac{Hb}{f}\left(\frac{1}{x-a} - \frac{1}{x+a}\right)$. Desenvolvendo-se as duas fracções em series, suprimindo-se os denominadores que passão do segundo grão, a equação se torna $2ga.$ sen. $\theta = \frac{Hb.\ 2a}{f.\ x^2}$. Logo, sen. $\theta = \frac{Hb}{gfx^2}$. Logo. H, b, g, f sendo quantidades constantes, o seno do angulo de inclinação está na razão inversa do quadrado da distancia x entre o meio da columna e o cume do cóne.

Procuremos agora o valor absoluto do seno. Em hum tubo cujo semidiametro fosse ly ou $\frac{f}{b}\ x-a)$, a acção do menisco teria por expressão $\frac{Hb}{f(x-a}$; logo em hum tubo cujo semediametro fosse ot a acção do menisco se torna $\frac{Hb}{fx}$. Seja l a altura a que o liquido se elevaria neste tubo; ter-se-há $\frac{Hb}{fx} = gl$. Substituindo-se o segundo valor na equação sen. $\theta = \frac{Hb}{gx^2}$, esta se torna $\theta = \frac{l}{x}$ e desta fórma o seno he quazi igual a huma fracção que teria por denominador a distancia do meio da columna ao cume do cone, e por numerador a altura a que o liquido se elevaria em hum tubo cylindrico cujo diametro seria o do cone no meio da columna.

tancia do meio da gotta á linha de juncção das duas laminas. Este grande geometra tentou explicar a mesma razão, pela attracção do vidro para o liquido. Porém he necessario convir que seu raciocinio não corresponde á exactidão do resultado que hé o objecto (1).

---

(1) Optice lucis, lib. III, quæst. 31. No cazo de que se trata, o seno do angulo de inclinação he igual a huma fracção que teria por denominador a distancia do meio da gotta á linha de juncção, e por numerador a altura a que o liquido se elevaria entre duas laminas paralellas cuja distancia respectiva seria a mesma que a das laminas inclinadas, tomada no meio da gotta.

Hauskbée fez diversas experiencias deste genero empregando o oleo de laranja, cujo movimento he mais livre que o da agua. Os resultados que obteve concordão muito bem, em geral, com a razão que viemos de indicar; e aquella que offerece como o meio termo, entre todas as outras, porque o meio da gotta correspondia ao do eixo, he de huma exactidão notavel. A distancia entre as duas laminas, ás suas extremidades era de $\frac{1}{16}$ de polegada ingleza, e o comprimento de cada lamina, era de 20 polegadas. No momento de equilibrio a linha que reprezenta o eixo se achava inclinada 55' para o horizonte, e a distancia entre o meio da gotta e a linha de juncção das duas laminas era de 10 polegadas; donde se segue que as laminas se achavão distantes entre si $\frac{1}{32}$ de polegada, no lugar do meio da gotta. Ora a agoa se elevaria huma polegada entre duas laminas paralellas situadas a huma distancia respectiva de $\frac{1}{100}$ de polegadas (333), e desta sorte a elevação do oleo de laranja, no mesmo cazo, seria de $\frac{1}{2}$ polegada; logo ella não chegaria senão a $\frac{16}{100}$ de polegada, entre duas laminas paralellas distantes huma da outra $\frac{1}{32}$ de polegada. Mas a distancia entre o

Dos effeitos da Capillaridade nas paredes dos corpos que contém o liquido.

Supposemos até aqui os tubos ou as laminas cuja acção determinava o liquido a elevar-se acima do nivel, ou abaixar-se do mesmo, como tendo suas paredes fixas e immoveis, de sorte que a resistencia destas paredes destruião a tendencia que ellas poderião ter para se moverem. Vamos por tanto a considerar estas mesmas paredes como estando livres a obedecer ás forças que as transportão para hum e outro sentido, e os desenvolvimentos que nascerião deste novo estado de couzas acabarão de provar a exactidão da theoria de M. de Laplace.

CCCXXXIX. Concebamos que *cd*, *pc* (fig. 29), reprezentão as secções de duas laminas prolongadas em hum liquido, paralellamente huma á outra, á distancia em que a acção capillar tenha lugar de huma maneira sensivel; e supponhamos que o liquido seja o mercurio, em cujo cazo elle se transportará para baixo do nivel M N, formando huma convexidade *gol*. Supponhamos de mais, que as laminas sejão susceptiveis de ceder a huma ligeira pressão. Vimos já (334) que ha equilibrio entre as duas columnas verticaes infinitamente delicadas de liquido *or*, *hs*, situadas, a primeira no lugar do eixo do tubo, a segunda no liquido ambiente, e obrando huma sobre a outra por intermedio de hum canal *sr*. Tomemos agora como quizermos sobre as duas superficies da parte prolongada d'huma das laminas, tal como *cd*, dois pontos oppostos *k*, *u*, e imaginemos na altura destes pontos dois outros canaes infinitamente delicados *iu*, *hx*, que sejão paralellos ao canal *sr*. He facil ver que as acções do liquido transmetidas a estes mesmos pontos pelos dois canaes se destroem mutuamente. Porque as porções de columna *ox*, *hi*, tendo suas bazes inferiores igualmente distantes das bazes das columnas inteiras *or*, *hs* que se equilibrão, obrão com forças

---

meio da gotta e a linha de juncção era de 10 polegadas. Logo a fracção que reprezenta o seno do angulo que faz o eixo com o horizonte, he $\frac{16}{100,10}$ ou $\frac{16}{1000}$, o que dá $55^{\prime}$ pelo angulo de que se trata, conforme a experiencia de Hauksbée.

iguaes nos canaes *xk*, *iu*, para impellir hum para o ponto *k* e o outro para o ponto *u*. Porém igualmente há igualdade entre as forças com as quaes os canaes reagem contra as columnas *ox*, *hi*, porque estas duas forças são as de duas massas planas cujas pressões dependem unicamente das moleculas vizinhas dos pontos *h*, *u* (324). Logo estes pontos não tem tendencia alguma a moverem-se, em virtude das acções que o liquido exerce nelles, e he evidente que as pressões que experimenta o liquido da parte do ar seja exterior seja interior se destroem tambem mutuamente. O mesmo raciocinio se applica a todos os outros quaesquer pontos situados desde *d* até *q*. Porém acima deste ponto a lamina *ed* he comprimida exteriormente pelo liquido, sem que nada haja no interior que contrabalance esta pressão, e como a mesma couza tem lugar em sentido contrario em razão á lamina *pc*, as duas laminas se approximarão huma da outra.

CCCXL. Supponhamos agora que o liquido se eleva acima do nivel, entre as laminas *ed*, *pc* (fig. 28), formando na sua parte superior a concavidade *fog*. Pareceria então que estas laminas se devião separar huma da outra. Porque até ao prezente temos visto as acções das massas convexas e concavas produzirem effeitos oppostos; entre tanto a experiencia prova que as duas laminas se approximão huma da outra tanto no cazo prezente, como no precedente. Mas este paradoxo, cuja explicação tem sido tentada inutilmente por alguns physicos, não dá lugar prezentemente a outra surpreza mais do que ver com que facilidade ella se esclarece, depois da theoria de M. de Laplace.

CCCXLI. Tornando a adoptar a hypothese dos dois canaes horizontaes *in*, *kx*, cujas posições estejão submetidas ás mesmas condições que os da figura 29, conceber-se-ha igualmente, por meio de hum raciocinio semelhante ao que fizemos no cazo precedente, que os pontos *u*, *k* (fig. 28), e todos os outros situados dos dois lados oppostos, abaixo do nivel, estando em equilibrio, a lamina *ed*, considerada debaixo desta razão, não tem alguma tendencia a mover-se para hum ou outro sentido.

Resta examinar o que se passa nos lugares em que a lamina não he banhada pelo liquido exterior. Seja *tz* hum novo canal horizontal tomado em huma altura qualquer acima do nivel. A columna parcial *oz* obra no ponto *t*, por intermedio do canal, com a força do plano *ab* menos *a* do menisco *fogba*, e de mais com aquella que o pe-

zo exerce sobre ella; e se as duas ultimas forças, que se exercem em sentido opposto, fossem iguaes, não restaria mais que a acção do plano *ab*, com a qual a acção do canal *tz*, que he tambem a de huma massa plana, estaria em equilibrio, e então o ponto *t* não teria alguma tendencia a mover-se. Mas a força do menisco que he igual ao pezo de toda a columna *oy* que ella tem suspensa acima do nivel, obra para sublevar a columna parcial *oz* com hum excesso medido pela differença *zy* entre *oz* e *oy*. Este excesso destroe pois huma parte da força do plano *ab*, donde se segue que a do canal *tz* a transporta sobre a pressão da columna *oz*, e desta fórma o ponto *t* he sollicitado a mover-se contra a lamina *pc*, e o mesmo se dirá de todos os outros pontos situados acima do liquido ambiente. Ora a pressão do ar exterior e a do ar interior sobre as duas superficies da lamina sendo iguaes e contrarias, suas acções não podem turbar o effeito da tendencia de que viemos de fallar, e como todos os pontos correspondentes do liquido em contacto com a lamina *pc* tem huma igual tendencia em sentido opposto, as duas laminas que nós suppozemos moveis se approximaráõ huma da outra em consequencia de sua coherencia com o liquido.

Com facilidade se vê, depois do que dissemos das acções exercidas pelo ar, que o phenomeno deve ter lugar igualmente no vacuo.

CCCXLII. A analyse demonstra que se o liquido se eleva entre as duas laminas, a força com que cada huma dellas tende para a outra, equivale á pressão de huma columna do mesmo liquido, cuja altura seria a semisoma das linhas $\varepsilon\,\mu$, $f\,\mu$, que medem quanto os pontos extremos das concavidades exteriores e interiores do liquido se elevão acima do liquido, e cuja baze seria a parte da superficie da mesma lamina comprehendida entre duas linhas horizontaes conduzidas pelos pontos *f*, ε. Se pelo contrario o liquido se abaixa entre as laminas, a pressão que empurrará cada huma dellas para a outra he igual á de huma columna do mesmo liquido, cuja altura seria a semisomma das linhas $\mu\,\varepsilon$, $q\,\mu$ (fig. 29), que medem quanto os pontos extremos das convexidades exteriores e interiores do liquido se abaixão além do nivel, e cuja baze seria a parte da superficie da lamina comprehendida entre duas linhas horizontaes tiradas pelos pontos ε, *q*.

Applicação ás Attracções e Repulções apparentes dos pequenos Corpos que fluctuão sobre hum liquido.

Deve-se meter entre as acções do mesmo genero que as que produzem os phenomenos dos tubos capillares, os movimentos por via dos quaes dois pequenos corpos que fluctuão sobre hum liquido, a pequena distancia hum do outro, se approximão até ao contacto, ou fogem, segundo as circunstancias. Estes corpos sendo daquelles que estando em estado de solidez, não podem exercer hum sobre o outro alguma attracção ou repulsão sensivel, e o que se passa nos phenomenos de que neste lugar se trata, he unicamente devido á acção das moleculas do liquido em contacto com os mesmos corpos.

CCCXLIII. Se nenhum destes dois corpos he susceptivel de ser molhado pelo liquido; se são, por exemplo, dois globos de cera que fluctuão sobre agoa, e a distancia que os separa he assás pequena, ver-se-hão approximarem-se e unirem-se. Para se conceber a razão disto, póde observar-se, que neste cazo, a superficie *bd* (fig. 33) do liquido começa a ondear, partindo do ponto *d* ou *g* situado a huma certa distancia daquelle onde se fez a emersão do globo *a*; de sorte que ella fórma neste lugar huma curva, cuja convexidade he voltada para cima. O mesmo acontece a respeito do globo *c*, que fluctua sobre o mesmo liquido. Em quanto os dois globos estão a huma distancia respectiva assas grande, de sorte que huma parte da superficie intermediaria do liquido, como *db*, conserve seu nivel, sendo iguaes as pressões lateraes que este liquido exerce de huma e outra parte sobre cada globulo, o equilibrio subsiste; mas suppondo-se que a distancia diminue continuamente entre os dois globos ha hum termo em que todo o liquido comprehendido no espaço que os separa, soffre hum abaixamento analogo ao que tem lugar relativamente ao mercurio, quando nelle se prolongão duas laminas *pe*, *ed* (fig. 29), postas parallelamente huma á outra a huma pequena distancia. Então as pressões lateraes que obrão do lado opposto áquelle pelo qual os globos estão voltados hum para o outro, tornando-se preponderante, impellem estes globulos hum contra o outro.

CCCXLIV. Se hum dos dois globulos, tal como *a* (fig. 34), he susceptivel de ser molhado, não o sendo o outro globulo *b*; par exemplo, o primeiro sendo de ma-

deira, e o outro de cera, o liquido se elevará em roda do globulo *a*, posto que pelo contrario elle formará huma cova em roda do globulo *b*; de sorte que fazendo-se avançar hum para o outro até huma pequena distancia, a pressão que obra lateralmente sobre *b*, do lado de *d*, sendo mais forte que a que tem lugar na parte opposta *g* por cauza da elevação do liquido entre *d* e o globulo *a*, o outro globulo *b* será forçado a recuar, como se tivesse sido repelido pelo globulo *a*.

Pode-se variar esta experiencia, pondo sobre a agoa hum globulo de cera, depois prolongando na mesma, a alguns millimetros deste globulo, a extremidade de hum pequeno bastão de páo, do mesmo diametro que o globulo. Este fugirá do bastão, e renovando-se as immersões sempre na mesma distancia, poder-se-há dirigir á vontade o movimento do globulo, por huma acção que parecerá exercer-se em distancia sobre este pequeno corpo.

CCCXLV. Em fim, se ambos os globulos são susceptiveis de serem molhados, elles se avançaráõ hum para o outro, e acabaráõ por se unirem. Este effeito, que parece muito difficil de conciliar-se com o que apprezenta dois globulos, que pelo contrario, não são susceptiveis de se molharem, vêm como por si mesmo colocar-se ao lado deste, na theoria de M. de Laplace. O intervallo entre os dois globulos póde-se assemelhar ao que separa duas laminas de vidro paralellas *pc*, *cd* (fig. 28), entre as quaes a agoa se eleva acima do nivel. Ora, vimos (341) que estas laminas são attrahidas huma pela outra por forças que exerce o liquido intermediario. O mesmo effeito tem por tanto lugar pelo que diz respeito aos dois globulos quando elles estão assás proximos para que a acção capillar se estenda por todo o pequeno espaço situado entre as porções da superficie pelas quaes elles estão voltados hum para o outro.

Póde-se substituir em lugar dos globulos duas agulhas finas que se deitaráõ com subtileza sobre a agoa, onde ellas fluctuarão, por effeito da pequena camada d'ar que está adherente á sua superficie, como tem lugar geralmente em todos os corpos. O volume deste ar sendo comparavel ao volume d'agulha, faz crescer este em huma razão maior que a do augmento do pezo; de sorte que he especificamente mais leve que hum igual volume d'agua. Fazendo-se avançar huma destas agulhas para a outra, em huma direcção obliqua, até que as duas extremidades se toquem, ellas se inclinaráõ huma para a ou-

tra, de modo que o angulo que elles formão no momento do contacto, diminuirá pouco a pouco, e acabarão por adherirem entre si, em todo o seu comprimento. Se quando ellas se encontrão a extremidade de huma tocar hum ponto situado, por exemplo, no meio do comprimento da outra, o ponto do contacto ficará fixo até que as duas agulhas se peguem mudado que seja este ponto de contacto, e de repente ellas escorregarão huma sobre a outra para se porem em nivel por suas extremidades.

Todos estes phenomenos, que muitos physicos attribuirão ás acções reciprocas dos corpos que os apprezentão, dependem unicamente da acção que exercem as moleculas d'agoa, seja entre si, seja relativamente aos mesmos corpos; e este liquido he aqui o verdadeiro motor encoberto com a aparencia de hum simples vehiculo.

Das Circunstancias que determinão a concavidade ou a convexidade da superficie do Liquido.

CCCXLVI. A maior parte dos physicos julgarão poder explicar a differença que apprezentão, em geral, os liquidos que se elevão acima do nivel, com os que se conduzem abaixo do mesmo, suppondo que no primeiro cazo, a acção do tubo sobre o liquido era maior que a do liquido sobre si mesmo, e que no segundo cazo ella era mais fraca. Era hum destes principios que parecião tão evidentes á primeira vista, que serião precizos, sem nada se obter; methodos rigorosos, para mostrar que erão falsos. He o que aconteceo a Clairaut, quando deduzia de sua formula, esta consequencia singular, que quando mesmo a attracção do tubo capillar sobre o liquido tivesse huma intensidade menor que a do liquido para si mesmo, com tanto que surpassasse a ametade desta, o liquido não deixaria de subir (1)

Este resultado que he tambem hum corollario da Theoria de M. de Laplace, póde ser demonstrado de huma maneira muito simples. Seja *pede* (fig. 35. pl. 3.) o corte vertical de hum tubo prolongado n'agoa M N por sua parte inferior *hgcd*, e cuja acção sobre este liquido seja igual a ametade da acção reciproca das moleculas d'agoa. Dividamos pelo pensamento este tubo, no lugar do nivel M N, em dois tubos parciaes *epgh*; *ghde*, e imagine-

(1) Theorie de la Figure de la terre, L. X, p. 121.

mos que hum novo tubo que designaremos por A, sendo da mesma natureza e da mesma fórma que *ghde*, o penetra intimamente. Se fizermos abstracção; por hum instante do tubo *epgh*, he evidente que a superficie d'agoa interior estará em nivel, em virtude das acções que exercem sobre ella os dois tubos juntos A e *ghde*, pois que esta união equivale a hum tubo d'agoa das mesmas dimensões. Agora, para trazer as couzas ao seu primeiro estado, he precizo de huma parte supprimir a acção do tubo A, e da outra fazer intervir a acção do tubo *epgh*. Vejamos pois em que consistem estas acções na hypothese em que os dois tubos existissem sómente. Seja *o* hum ponto tomado na superficie d'agoa, e *s*, *r* dois pontos tomados na superficie dos dois tubos e igualmente distantes do ponto *o*, de maneira que suas distancias a este ponto sejão menores que o raio da esphera d'actividade sensivel do tubo. Reprezentemos por *os* a força obliqua que o ponto *s* exerce sobre o ponto *o*. Esta força se decompõe em duas, huma *oh* que he horizontal a outra *ou* que he vertical. A força obliqua do ponto *r*, reprezentada por *or*, se decompõe do mesma sorte em huma força vertical *oz* igual a *ou*, e huma força horizontal *oh*, o mesmo que a primeira. Ora a suppressão do tubo A faz desapparecer a força *oh* se bem que a intervenção do tubo *epgh* a restabelece, do que se vê que tudo fica como dantes no sentido horizontal, de sorte que não ha mudança senão nas forças que obrão verticalmente (1). Assim o liquido não sendo sollicitado senão por acções perpendiculares á sua superficie, o que he, segundo as leis da hydrostatica, a condição necessaria para que o equilibrio subsista, o nivel não será alterado.

Além deste limite, que corresponde ao termo em que a attracção do tubo sobre a agua he ametade da que as moleculas da agoa exercem humas sobre as outras, a elevação do liquido será sempre mais sensivel, á medida que a acção do tubo differir menos da acção da agoa, e á quem do mesmo limite, o liquido se abaixará de mais em mais, á medida que a acção do tubo se approximar mais de ser igual o zero.

CCCXLI. A elevação do liquido acima do nivel, ou seu

---

(1) Designando-se por *p* cada huma das linhas *ou*, *oz*, a mudança que tem lugar nas forças verticaes será reprezentada por - 2p.

abatimento abaixo do mesmo, não tem lugar senão em consequencia de que, no primeiro cazo, a razão que existe entre as attracções do tubo sobre o liquido, e a attracção do liquido para si mesmo, determina a superficie deste a tomar huma figura concava, posto que no segundo cazo a razão entre as duas attracções determina a que a mesma superficie forme huma convexidade. Tudo depende, como temos já visto, da acção negativa do menisco accrescentado á massa plana (327), ou da acção positiva devida á absencia do menisco subtrahido da massa plana (32); do que se segue, que se, por hum meio qualquer, se chegasse a fazer variar á vontade a figura do liquido, os effeitos de sua pressão padecerião mudanças analogas.

CCCXLVIII. Isto nos conduz a explicar o resultado de huma experiencia interessante imaginada pelo padre Abat, que trabalhou muito sobre os phenomenos dos tubos capillares, e dos quaes se gloriou ter querido tentar o banir a attracção, porque os factos que elle accumulou contra ella augmentarão o numero dos que mais depõe em seu favor.

Este physico lançando mão de hum tubo capillar AB (fig. 36) recurvado em siphão, do qual huma das hastes era mais curta que a outra, prolongando-o n'agoa, a curvatura para baixo, de maneira que a extremidade da haste A mais curta, se achasse abaixo do nivel; o liquido se elevou logo como ordinariamente accontece na haste B. O padre Abat tirou depois o siphão, e passou a ponta do dedo pela extremidade da haste A, para tirar a gotta d'agua que ahi se tinha formado, até que a superficie do liquido se tornasse plana neste lugar. Elle observou então que a agoa se elevava na haste B acima do nivel *cdh*, a huma altura tal como *or*, da mesma sorte que quando o siphão estava prolongado. Por fim introduzio com a ponta do dedo algumas gottas d'agoa na haste B, até que a superficie d'agoa contida na haste A, transbordando por cima de *cd*, formasse ahi huma pequena convexidade *csd*, notou que a agoa chegada a *xz* na haste B, estava a huma distancia *tx* d'huma horizontal conduzida pelo cume *s* da convexidade *csd*, maior que a distancia *ho* entre o primeiro nivel *cdh*, e a altura a que chegou a haste B, quando sua superficie era plana em *cd* (1)

---

(1) Amusemens Philosophiques sur diverses parties des sciences. Amsterdam, 1763, p. 537, expér. XII.

CCCXLIX. Esta experiencia, a qual repetimos muitas vezes, faz sobresahir bem claramente a differença entre as acções do liquido, segundo a diversidade de figuras que toma sua superficie superior. Quando a columna contida na haste A he plana em seu cume, a acção que ella exerce sobre a outra columna contida na haste B, e cujo cume he concavo, he a mesma que a de huma massa de liquido na qual se prolonga hum tubo capillar. Faça-se com que a columna da haste A se arredonde no seu cume; esta pequena mudança de figura lhe dá mais força para obrar de cima para baixo, e repellir em sentido contrario o liquido contido na haste B, que no cazo mesmo em que elle tivesse huma espessura uniforme desde sua baze até ao ponto *s*, e honde por consequencia ella seria composta de huma maior quantidade liquido. Para o conduzir de novo a esta figura, faltaria ajuntar á sua parte superior hum menisco tal como *ablq* (fig. 27), cuja acção enfraqueceria a sua, introduzindo-lhe huma quantidade negativa.

Da Influencia da Fricção na Capillaridade.

A fricção que as paredes do tubo fazem experimentar a huma columna de liquido, durante que esta se eleva ou se abaixa, póde tambem occazionar na curvatura terminal variações que modificão o effeito capillar. He sobre tudo em razão ao mercurio que esta modificação he sensivel.

CCCL. Seja AB (fig. 37) hum tubo de vidro recurvado no qual se tenha introduzido mercurio; agitando-se hum pouco o tubo, o metal liquido se nivelará nas duas hasteas, onde elle se terminará por duas convexidades semelhantes *cd*, *ef*. Supponhamos agora que a pressão do ar augmenta pouco a pouco sobre a columna contida na hastea A; esta columna abaixara, e ao mesmo tempo a que occupa a hastea B se elevará d'outro tanto. Ora, de huma parte, a fricção das paredes do tubo contra esta columna retarda o movimento ascencional da camada em contacto com o tubo, do que resulta que as paredes interiores da columna que não soffrem a dita fricção, se elevão com hum pequeno excesso de velocidade. Por huma consequencia necessaria os primeiros planos da superficie superior do liquido, ou os que são contiguos ao vidro fazem hum menor angulo com as paredes do tubo, o que faz com que esta superficie tome huma fórma mais curva tal como *hk*. Doutra parte, ainda que a fricção que

se exerce na columna contida na haste A opponha huma rezistencia sensivel á descida da camada em contacto com o tubo, as partes interiores cujo movimento he mais livre, descem hum pouco mais depressa, e desta fórma os primeiros planos da superficie superior da columna fazendo hum angulo menos agudo com as paredes do tubo; esta superficie toma huma fórma mais chata.

Segue-se disto que a acção do mercurio contido na hastea B, em empurrar para baixo huma columna infinitamente delicada, situada no lugar do eixo, he maior, sendo tudo igual, que a do mercurio contido na hastea A, sobre huma columna tomada da mesma sorte no lugar do eixo, ou, em outros termos, o effeito da capillaridade he augmentado na hastea B e diminuido na hastea A.

CCCLI. Póde-se observar estas variações da acção capillar, por meio de huma experiencia notavel, cuja idéa he tambem devida ao padre Abat (1). Depois de se ter introduzido mércurio em hum siphão curvo AB, de modo que este metal esteja na mesma altura nas duas hasteas, incline-se o siphão, fazendo descer, por exemplo, a extremidade da hastea B para o horizonte, até que o mercurio chegue a esta mesma extremidade, depois levante-se muito de vagar o siphão, e dê-se-lhe a primeira posição. Nota-se então que o mercurio he mais alto na hastea B do que na hastea A. Para attingir a razão desta differença, basta considerar, que durante o movimento, que restitue o siphão á sua posição primitiva, o mercurio que contém a haste B está em hum cazo semelhante ao da columna descendente da experiencia precedente, posto que o mercurio da hastea A podesse assemelhar ao da columna ascendente. Assim, no momento em que o siphão foi restituido á sua primeira posição, a superficie da columna de mercurio contido na hastea B tendo huma menor curvatura que a da columna que occupa a hastea A, resulta, na acção que a primeira exerce de cima para baixo, huma diminuição que he compensada por huma maior elevação desta columna.

CCCLII. Observando-se com attenção os movimentos da columna de mercurio no barometro, reconhece-se que ella tem huma tendencia a subir ou a descer, segundo que sua superficie superior se torna ou mais convexa, ou

(1) Amusemens Philosophiques, p. 515.

mais chata. Faz-se desapareeer este effeito da fricção, agitando de vagar o tubo do instrumento. No primeiro cazo a superficie do mercurio perde sua convexidade e a columna se eleva hum pouco, no segundo cazo, a convexidade augmenta, e a columna desce huma pequena quantidade.

CCCLIII. Vê-se, pelo que se tem dito até aqui, quanto he importante, quando se fazem observações barometricas, medir a altura do mercurio, desde o cume da convexidade terminal; porque a elevação deste cume he ainda menor que a que teria lugar, no cazo em que a superficie sendo plana, a columna estivesse exempta dos effeitos da capillaridade.

Tal he o exposto de huma theória, por via da qual os resultados das numerozas experiencias feitas sobre os tubos capillares, se deduzem do principio da attracção, não por considerações vagas e incertas, mas por huma serie de raciocinios precizos e rigorozos, que não deixão alguma duvida de que ella não seja a verdadeira theoria. Quando de hum lado se compara a tudo que tem apparecido até aqui neste genero, e que de outro se considera em si mesmo, vê-se, ao mesmo tempo, hum dos passos o mais importante que a geometria fez dar á Physica, e huma das mais bellas applicações de seus sublimes methodos.

Analogia de diversos Effeitos conhecidos com os dos Tubos Capillares.

CCCLIV. A acção capillar se manifesta relativamente a huma multidão de corpos, que não precizão senão de estarem em contacto com a agoa, para que este liquido se insinue nos pequenos intervallos postos entre suas moleculas. Só os metaes e as substancias cujo tecido he vitrozo, recuzão esta acção, e admira-se de ver hum espaço impercetivel, engrandecer-se, de certo modo, até ao infinito, por sua generalidade. As esponjas são notadas entre os corpos que podem ser citados como exemplos, pelo augmento de pezo e dilatação consideraveis que a imbibição lhes faz soffrer. He por via da acção capillar que a agoa se introduz no interior dos vegetaes, e como este effeito depende de tecido, elle subsiste ainda nas partes que se destacão das plantas, como se póde observar em hum ramo de arvore, que, prolongando-se n'agoa por huma de suas extremidades, se imbebe des-

te liquido. Effeitos analogos se repetem continuamente debaixo de nossos olhos: taes são as que aprezenta hum pouco de assucar que se prolonga por hum lado no café, e que, em hum instante, se acha humedecido até acima, o que tem lugar tão promptamente com o alkool, ainda que o assucar não seja nelle quasi nada soluvel; huma pouca de arêa ou de cinza cujo pé está n'agoa, que a penetra por todas as partes, e chega pouco a pouco até acima; a mecha de algodão, que serve de vehiculo ao azeite, que vai alimentar a chama de huma alampada; e da mesma sorte immensos corpos que Muschenbroeck chamava *os imans dos fluidos*, denominação muito impropria, se este physico a tivesse tomado em rigor. Todas as substancias hygrometicas, vem arranjar-se aqui em huma mesma linha, que começa nos tubos capillares.

CCCLV. As dendrites ou ramificações que ornão a superficie de certas pedras calcareas ou marnozas são devidas a huma cauza semelhante. Entre as pedras, humas são cheias de fendas, nas quaes hum liquido carregado de moleculas de manganèz ou outras, se introduzio ou deixou pequenos depozitos metallicos; e como as fendas formão especies de ramificações que, muito frequentemente communicão com huma fenda principal, o artista tem o cuidado de cortar a pedra no sentido conveniente, para que todas estas ramificações se achem no mesmo plano, de sorte que se offereção com o aspecto de huma pequena arvore, cujo tronco está no lugar da fenda principal. Há outras pedras compostas de folhetas entre as quaes hum liquido semelhante as tem penetrado, e se estende por veios, formando dendrites compostas de particulas metallicas arranjadas humas apos das outras, em hum fio. Neste cazo, he bastante o destacar as folhetas, e obtem-se, sobre cada huma das faces que se juntão, hum pequeno quadro que he todo obra da natureza.

2. *Da Agoa em estado de Gelo.*

A congelação da agoa, da qual nos temos já servido para exemplo, fallando da passagem de liquido á solidez (198), he precedida e acompanhada de circunstancias particulares, cujo desenvolvimento naturalmente acha aqui seu lugar. Nós lhe ajuntaremos alguns detalhes relativos ao mesmo phenomeno offerecido por outras substancias, no cazo em que resultarem approximações proprias a attrahir nossa attenção.

Formação do Gelo.

CCCLVI. Quando huma massa d'agoa exposta em hum vazo a huma temperatura conveniente, passa ao estado de solido, não sendo a congelação muito rapida, vê-se logo nascer na superficie pequenas agulhas triangulares, das quaes huma das faces está em nivel com agoa. A' medida que estas agulhas se multiplicão, se juntão humas sobre as outras, e os intersticios que ellas deixão achando-se occupados successivamente por novas agulhas, todo este ajuntamento não acaba senão formando hum só corpo.

No cazo de huma congelação muito lenta, as agulhas tem especies de denteações, e imitão, por seu arranjo, ás cristalisações principiadas que o resfriamento que succede á fuzão faz nascer na superficie da maior parte dos metaes, e que se tem comparado a ramos de feto. Observão-se tambem estas congelações ramificadas na superficie das vidraças durante o tempo da geada.

Huma circunstancia notavel destes mesmos arranjos, he a tendencia que as agulhas tem a unirem-se debaixo do angulo de 120° ou de 60°. Esta dispozição se deixa ver, com hum caracter particular de symetria, na neve que cahe muito frequentemente em fórma de pequenas estrellas de seis raios, exactamente implantados, como os de hum hexagono regular.

CCCLVII. Descartes para explicar este phenomeno, pensava que as moleculas da agoa sendo esphericas, seis globulos desta se arranjavão em roda de hum setimo, e servião depois como pontos de prizão a fios de globulos semelhantes, dirigidos segundo as linhas que passavão pelos centros das primeiras e pelo do globulo do meio. Mas esta explicação assemelhava-se a muitas outras, que trazem o facto a si, em lugar de ser o facto que as traga.

Mairan na sua dissertação sobre o gelo, onde se acha huma serie de observações feitas com muito cuidado, reunida ao que a theoria então podia dizer de melhor, se limita a olhar a disposição angular de que se trata, como o effeito de huma certa tendencia que depende da figura das moleculas, que elle prezume ser certas agulhas; e cita entre outros exemplos que servem de apoio á sua opinião, o da pyrites cubica, cujas faces são estriadas alternativamente em tres direcções perpendiculares hu-

ma á outra (1). Esta pyrites não he, segundo elle senão huma reunião de agulhas determinadas por si mesmo a adectarem constantemente estas direcções cruzadas; mas temos provado depois (2), que a pyrites estriada he como as outras, huma reunião de moleculas cubicas, e deve ser olhada como huma cristalização começada do dodecaedro de planos pentagonos (123)

Poder-se-hia antes prezumir que as moleculas do gelo são tetraedros regulares, compondo octaedros por hum sortimento semelhante ao que tem lugar na cal fluatada, ou spatho fluor (3), pois que as congelações que offerecem indicios de fórmas regulares tem huma razão marcada com as dendrites metallicas, que nós sabemos ser reuniões de octaedros implantados, cuja estructura se assemelha á do spàtho de que se trata: são os mesmos traços de huma e outra parte, as mesmas dentaduras, as mesmas apparencias de triangulos equilateraes nas extremidades.

Tal he pois a estructura do octaedro regular, que cortando-se parallelamente á de suas faces oppostas, e a igual distancia huma da outra, discobrir-se-ha hum hexagono regular, e que de mais, seis dos tetraedros que o compõe terão cada hum huma de suas faces situadas sobre o plano deste hexagono. Se pois se suppõe fios de pequenos cristaes implantados, que, partindo dos differentes lados do hexagono, tenhão suas faces analogas em nivel com elle, o que não he outra couza mais do que huma continuação de hum effeito, que está no sentido da estructura, estes fios formaráõ necessariamente entre si angulos de 60°, ou de 120°, segundo nascerem ou dos lados adjacentes ao hexogono, ou dos lados tomados dois a dois. Pode-se mesmo suppôr que o cristal situado na origem destes differentes fios, seja huma porção do octaedro terminado por hum hexagono. Não he raro encontrar destas porções d'octaedro mesmo entre os cristaes isolados. De resto isto não he senão huma hypothese, a que não ligamos mais que o gráo de valor que ella nos parece ter, como sendo esgotada na analogia, e indicada pela observação.

CCCLIX. A agua que tem hum sal em dissolução o deixa precipitar, quando se converte em gelo. Em

(1) P. 156. e seg. (2) Traité de Minér., t. IV, p. 75.
(3) Ibid., t. II, p. 249.

alguns sitios do norte se aproveita o frio da atmosfera, como hum meio preparatorio, para extrahir o sal das agoas do mar. Faz-se entrar huma pequena camada d'agoa pouco espessa em fossos feitos para este fim: huma parte desta agoa, congelando-se, abandona as moleculas salinas, que se encontrão na porção ainda liquida, de sorte que esta não tem precizão senão de ser exposta a hum calor moderado, para que a sua evaporação permetia que cristalisse o sal de que ella está sobrecarregada.

Circunstancias em que a Agoa resta liquida ainda abaixo do termo da Congelação.

CCCLX. Temos fallado por muitas vezes do gráo da congelação, e temos designado por ella o termo em que, seja que o gelo comece a fundir-se, seja que a agoa liquida comece a gelar-se, o licor do thermometro corresponde a zero, isto he o que effectivamente tem lugar. Porém não se segue que a temperatura da agoa não possa descer abaixo de zero, sem se congelar. Fahrenheit foi o primeiro a observar, e não sem surpreza, que a agoa contida em hum matrás de vidro, cujo tubo estava tapado, conservava ainda sua fluidez a pezar de ter sido exposta, por hum dia e huma noite, em huma temperatura muito inferior ao termo da congelação. Quebrando a ponta do tubo, elle vio no mesmo instante formarem-se no meio da agoa muitos pequenos gelos, e attribuio logo este effeito ao contacto do ar; mas de outra vez que elle conduzia hum matrás semelhante, aonde a agoa estava ainda liquida, elle se tirou do erro por hum accidente assás singular, dando hum passo falso, que produzio na agoa huma agitação seguida de huma congelação subita.

Este effeito he analogo ao que se passa na cristalisação dos saes. Hum leve movimento imprimido no vaso que continha huma dissolução salina, aonde nada se via ainda apparecer, a pezar de ter passado o ponto de saturação, bastou para determinar de repente a formação de huma multidão de pequenos cristaes.

Pode-se conceber que neste cazo, a agitação do liquido, ao mesmo tempo que ajuda as moleculas salinas a separem-se d'entre as moleculas aquozas que oppõe ainda hum pequeno obstaculo á sua reunião, occazionou nos primeiros immensos movimentos diversos; donde resulta,

para hum certo numero d'entre ellas, posições que dão mais poder á affinidade.

Tem-se notado tambem que hum pequeno cristal de sal posto em huma dissolução do mesmo sal, favorece a cristallização, porque as moleculas que compõe este cristal tendo já as pozições respectivas que exige a affinidade para ser satisfeita, sollicitão depois as suas vizinhas aos movimentos mais favoraveis para a acção da mesma fórça, e esta dispozição se communica de proximo em proximo, a todas aquellas que forcejão cristallizar. A prezença de hum pequeno gelo, que se deita em huma agoa que está já abaixo do gráo da congelação, se torna como o signal de reunião de todas as moleculas que tem huma tendencia proxima a reunirem-se.

CCCLXI. Os dois effeitos de que viemos de fallar, a saber, o abaixamento da temperatura que a agoa póde soffrer abaixo do termo da congelação, ficando com tudo liquida, e a passagem subita ao estado solido em virtude de certas circunstancias tem sido hum objecto de huma serie interessante de observações feitas por M. Blagden, da Sociedade Real de Londres (1). Este sabio notou que em geral as substancias que alterão a pureza e a transparencia d'agoa, determinão hum menor abaixamento de temperatura a que este liquido póde chegar, sem se congelar, do que quando elle tivesse sido puro e limpo. Assim a agoa destillada era a que dava, a este respeito, *o maximum* do abaixamento de temperatura; e de mais havia esta differença entre a agoa destillada que se tinha fervido e a que não tinha sido fervida, que a primeira podia ser resfriada mais do que a segunda, sem se congelar. A que tinha sido fervida chegava, antes de entrar em congelação, a 21° de Fahrenheit, quazi --- 5° de Reaumur, posto que a que não tinha sido fervida não chegava a mais de 24 de Fahrenheit, quazi --- $3^{\circ}\frac{5}{3}$ de Reaumur, antes de congelar. M. Blagden attribue esta differença ao ar que a agoa contém naturalmente, e que se separa durante a ebulição. A agoa que não tinha sido destillada se congelava sempre depois de ter chegado a huma temperatura sempre menos baixa, á proporção que esta

(1) Philosophical Transact. vol. LXXVIII, an., 1788 p. 125.

agoa era mesos pura; e M. Blagden tendo submetido á experiencia a agoa de rio muito carregada de particulas limonozas, nunca podia chegar abaixo de 32° de Fahrenheit, ou de zero do thermometro em 80 partes antes de se congelar.

CCCLXII. Diz-se commummente que a agoa que ferveo se gela mais facilmente que aquella que não tem sido exposta ao fogo. M. Blagden percebia, nos resultados de suas observações, o que póde dar principio a esta opinião; porque se a agoa contém terra calcarea que nella esteja em dissolução pelo acido carbonico, o que succede muitas vezes nas agoas de fonte, a terra calcarea, precipitando-se por meio da ebulição, turbará a transparencia da agoa, a qual adquirirá tambem huma disposição mais proxima a entrar em congelação.

Estas experiencias feitas com a agoa commum, forão seguidas de muitas outras nas quaes a agoa era modificada por differentes substancias salinas, acidas, ou alkalinas, susceptiveis de serem dissolvidas por este liquido, ou combinadas chimicamente com elle. Sabia-se já que a união destas substancias com a agoa tinha a propriedade de fazer abaixar mais ou menos seu ponto de congelação. M. Blagden observou mais, que em virtude desta mesma união, a agoa podia tambem resfriar-se abaixo do seu novo ponto de congelação, ficando sempre liquida, e determina o abaixamento de temperatura que tem lugar em cada cazo particular.

CCCLXIII. Para completar a relação de todas as circunstancias relativas a este objecto, notaremos que aqui ha dois effeitos distinctos que dependem do calorico, a temperatura do liquido se abaixa abaixo do zero, porque os corpos ambientes, que estão mais frios que a agoa, lhe roubão o calorico, por cauza de sua affinidade preponderante para este liquido; porém huma vez que a agoa está determinada a congelar-se, em virtude de huma cauza qualquer, succede huma separação particular da quantidade de calorico que se deve desenvolver, para que a congelação tenha lugar.

CCCLXIV. Sabe-se que a agoa congelada absorve, derretendo-se, 60°. de calor; porque misturando-se hum kilogrammo d'agoa a 60°, e hum kilogrammo de gelo a zero, todo o calor da agoa será empregado em fundir o gelo: por hum effeito contrario, huma massa d'agoa que se congela desenvolve 60° de calor.

Segundo este principio pode-se explicar porque a agoa,

cuja temperatura desce abaixo de zero, resta ainda liquida; porque se as circunstancias são taes, que o calorico que se desenvolve, por effeito da congelação tardar muito em communicar-se aos corpos ambientes, resultará huma cauza de retardação para a mesma congelação, pois que quanto mais consideravel he a porção de calorico que, suppondo-se desenvolvido, tende á ficar na massa, mais ella contraria huma das condições necessarias á congelação; a saber, que a temperatura não se elleva acima de zero; porque neste termo o gelo começa a fundir-se.

Este obstaculo, que a transmissão lenta do calorico oppõe á congelação, he tal, que suppondo-se a agoa exactamente incluida em hum vazo não conductor do calorico, não poderá congelar-se toda, nesta hypothese mathematica, senão a huma temperatura ao menos de $66^{\circ}\frac{2}{3}$ abaixo do zero, suppondo, como M. Kirwan e muitos outros physicos, que os calores especificos do gelo e da agoa em estado de liquido estão entre si na razão de 9 para 10; porque a quantidade de calor que se desenvolve da agoa durante que se congela, he, como temos dito, igual á que elevaria a 60° a temperatura deste liquido. Ora, quando o desenvolvimento desta quantidade de calor, que nós suppomos ficar todo na agoa, tem determinado o ponto da congelação, o gelo está no mesmo cazo que se sua temperatura tendo sido primitivamente de hum numero n de gráos abaixo de zero, elle se eleva até zero, por hum incremento de calor capaz de fazer subir 60° a temperatura d'agoa. Logo, pois que as elevações da temperatura de dois corpos, por hum mesmo incremento de calor, seguem a razão inversa dos calores especificos (183), ter-se-ha esta proporção, $60^{\circ} : n :: 9 : 10$, o que dá $n = 60^{\circ}\frac{2}{3}$; isto he que a elevação de temperatura que promoveria a congelação na hyporhese presente, seria de $60^{\circ}\frac{2}{3}$ ou n'outros termos, seria precizo que a temperatura d'agoa tivesse sido originariamente deste numero de gráos.

Se, na mesma hypothese, a temperatura fosse mais vizinha de zero, poderia ainda haver congelação, mas sómente em razão a huma parte da agoa; e achar-se-hião huma immensidade de cazos possiveis de equilibrio, suppondo que tudo o que fosse susceptivel de congelação se

congela com effeito; de sorte que se poderia determinar, por via de hum simples calculo, a parte que se congelaria por cada gráo de temperatura. Mas estas circunstancias não tem lugar na natureza, porque os corpos ambientes se apoderão sempre de sua parte do calorico desenvolvido (1).

CCCLXV. Pelo que diz respeito á congelação occazionada pela agitação do licor, M. Blagden, tentando movimentos de differentes especies, chegou a distinguir aquelles cujo effeito he mais seguro para, de alguma sorte, a reunião subita das moleculas aquozas. Elle observou que em geral este effeito depende de huma agitação particular produzida no liquido, antes que de hum movimento rapido imprimido a toda a massa. Assim ter-se-há effeito, tocando ligeiramente com o fundo do vaso a meza que o sustem, ou tocando-se as paredes interiores ou o fundo do mesmo vazo com hum tubo ou com huma pena. Mas de todos estes excitadores da congelação, o que falta mais raras vezes a seu effeito, he hum pequeno pedaço de cera com o qual se esfrega as paredes do vazo, em algumas partes inferiores ao nivel d'agoa, de modo que faça nascer especies de vibrações sonoras. Vem-se apparecer no mesmo instante huma crusta de gelo no lugar do vazo situado abaixo da cera.

Do Maximum da densidade da Agoa.

CCCLXVI. Durante que a agoa passa ao estado de gelo, seu volume soffre differentes variações, cuja marcha merece ser seguida com attenção. Expondo-se á geada hum matrás cheio d'agoa até ao meio, ver-se-há esta descer á medida que esfria; chegando a hum certo termo, ficará estacionaria por alguns instantes, depois principiará a subir; de sorte que no momento de sua congelação, se achará acima do seu primeiro nivel.

Vê-se por isto que o volume da agoa congelada he maior que o da mesma em estado de liquido. Resulta que o pezo especifico da agoa diminue pela congelação, o que está provado pela propriedade que tem os gelos de nadar sobre a agoa que os acarreta.

---

(1) Veja-se a Memoria publicada por Lavoisier e Laplace, entre as da Academie des Sciences, 1780, p. 355 e seg.

CCCLXVII. A observação que nós viemos de citar indicava já que a dilatação da agoa em estado de gelo, não era produzida de repente, e como por hum salto precipitado, no momento mesmo da congelação, mas que começava mais cedo, de sorte que o ponto da maior contracção era a alguns gráos acima do zero thermometro.

Poder-se-hia entre tanto objectar, que, nisto não havia mais que hum effeito apparente, e que provinha de que o vidro condensando-se ao mesmo tempo que a agoa, á medida que se esfriava, experimentava, na proximidade da congelação, huma contracção que era maior á proporção da da agoa. He assim que o facto foi explicado por muitos physicos, que pensarão que neste cazo a agoa parecia sómente adquirir huma extensão de volume, a qual era devida ao excesso da contracção do vidro sobre o da mesma agoa.

Porém as experiencias feitas por Lefevre-Gineau, com o cylindro que lhe tinha servido a determinar a nova unidade do pezo, não deixão algum lugar a duvidar que a dilatação da agoa não seja real. Este physico pezou o cylindro de que se trata, por diversas vezes e com hum cuidado extremo, em quanto a temperatura da agoa em que este instrumento estava prolongado, variava approximando-se do gelo a fundir-se. Elle achou que o cylindro começava a perder cada vez mais do seu pezo, á medida que a agoa se resfriava, e isto até perto do quarto gráo acima do zero do thermometro centigrado, que corresponde a $30^{\circ}\frac{1}{5}$ no thermometro em 80 partes. Passado este termo, a perda do pezo diminuia á medida que a temperatura se approximava do ponto da congelação. No primeiro cazo, a força da agoa, para suster o cylindro, hia crescendo; do que se segue que este liquido se contrahia de mais em mais. A mesma força diminuia no segundo cazo, o que indicava huma dilatação no liquido; e assim *o maximum* da densidade corresponde quasi ao quarto gráo de calor sobre o thermometro centigrado.

CCCLXVIII. A marcha ordinaria do thermometro he sempre hum pouco complicada do dobrado effeito da temperatura, para dilatar ou contrahir ao mesmo tempo o liquido e o vidro que o contém; de sorte que a variação do mercurio parece menor do que ella he realmente: mas esta differença não influe nos resultados das observações ordinarias, porque suppõe-se que entre dois termos fixos

a que se reporta a construcção do thermometro, os gráos de dilatação ou de contracção do mercurio e do vidro seguem sensivelmente a mesma razão.

CCCLXIX. Segundo as observações de M. Blagden, a dilatação que soffre a agoa, pelo effeito do resfriamento; depois de hum certo termo, he susceptivel de crescer ainda, quando o liquido continua a resfriar-se abaixo do ponto da congelação, sem passar ao estado de solidez. Pareceo mesmo a este sabio que a expanção tinha huma marcha crescente, de sorte que ella era muito maior nos ultimos gráos de resfriamento do que o tinha sido ao principio.

CCCLXX. Huma circunstancia notavel que acompanha a formação do gelo, he a separação do ar contido na agoa. Este ar se escapa debaixo da fórma de pequenas bolhas que se reunem muitas, para formarem bolhas mais consideraveis, cujo diametro tem algumas vezes até seis linhas ou mesmo huma polegada de comprimento.

Algumas vezes as bolhas tem a fórma de pequenos tubos mais ou menos inclinados, relativamente ao eixo do vazo aonde se opéra a congelação: isto he o que se observa em particular na agoa destillada que passa ao estado de gelo.

CCCLXXI. O augmento de volume que soffre o gelo póde ser attribuido em parte á separação do ar. Succederia á agoa e ao ar o mesmo que a certas subtanstancias que parece que se penetrão misturando-se, de sorte que a somma de seus volumes, tomados separadamente, era maior antes da mistúra.

Mas a agoa que tem sido purgada do ar o mais exactamente que tem sido possivel, antes de a fazer congelar, não deixa de augmentar sensivelmente de volume; assim este effeito depende em grande parte do novo arranjamento que tomão entre si as moleculas integrantes do liquido, reunidas por sua força d'affinidade; e sabe-se que este mesmo effeito não he só particular á agoa. Reaumur observou que o ferro adquire hum volume mais consideravel pelo resfriamento que segue a fuzão deste metal e que o congela, posto que o mercurio pelo contrario, no mesmo cazo, se contrahe em huma quantidade mui sensivel.

CCCLXXII. Mairan attribue a dilatação da agoa congelada a huma especie de desordem produzida pelo movimento mais ou menos rapido que ajuda as moleculas, posto que se reunão. Resulta, segundo elle, que ellas crescem e se embaração debaixo de immensas posições diffe-

rentes, deixando pequenos vazios entre si, o que tende a fazer-lhe occupar hum maior espaço do que no estado de simples liquidez.

Concebe-se effectivamente, que sendo tudo igual, huma cristallização confuza, dando lugar a huma multidão de pequenos intersticios que terião sido cheios no cazo de huma cristallização mais lenta e mais bem graduada, possa fazer augmentar o volume da massa solida produzida por esta operação. Mas parece que o acto só da cristallização he por si mesmo, ao menos relativamente a certas substancias, e em particular a respeito da agoa, huma cauza immediata do augmento de volume. Tal he, nestas especies de cazos, a figura das moleculas, junta a outras circunstancias, que para seguir as especies d'alinhamentos que determinão suas novas posições respectivas, são forçadas a desenvolver-se por hum espaço mais extenso que o que exigia o estado de liquidez.

Força expansiva do Gelo.

CCCLXXIII. Mairan procurando saber o pezo especifico do gelo, por meio da balança hydrostatica, achou que o volume da agoa augmentava quazi $\frac{1}{14}$ pela congelação: mas este effeito varía segundo as circunstancias; e como elle provem em geral de hum arranjamento particular que tomão sempre as moleculas d'agoa em virtude da affinidade, que neste cazo obra muito poderozamente para as unir, entrevem como póde em resultar no gelo huma força expansiva consideravel. Daqui vem o esforço que elle exerce contra as paredes dos differentes vazos que o contém. Se o vazo he de huma fórma chata e apprezenta huma larga abertura, a força do gelo se exerce em parte sobre a crusta superior, que ella subleva no meio, fazendo-lhe tomar huma figura convexa; de sorte que as paredes do vazo não tendo a sustentar mais do que o residuo da mesma força, lhe oppõe ordinariamente huma resistencia sufficiente: mas se o vazo he estreito, acontece raras vezes que elle não seja quebrado pelo esforço do gelo, que então obra quazi que inteiramente no sentido lateral; e não ha ninguem que não tenha tido mais de huma vez debaixo dos olhos vazos de hum uzo ordinaria postos fóra do serviço pela congelação do liquido que nelles se tinha deixado fazer.

CCCLXXIV. Muitos physicos dezejarão experimentar até que ponto poderia chegar esta força de expanção. Hum canhão de ferro, da espessura de hum dedo cheio d'agoa e tapado exactamente, sendo exposto por Buot a huma grande geada; se achou rompido em dois lugares no fim de doze horas. Os phylosophos de Florença fizerão rebentar, pelo mesmo esforço, huma esphera de cobre muito espessa, e Muschenbroek tendo calculado o esforço que tinha occazionado a rotura, achou que teria sido capaz de sublevar hum pezo de 27720 libras.

CCCLXXV. Quando em consequencia de hum derretimento da geada se converte em gelo a agoa de que a terra estava embebida, este gelo, que augmentou de volume, aperta os vegetaes pelo colo de suas raizes, e attaca de hum modo funesto esta parte que lhe serve a suchar os sucos nutritivos que a terra lhe fornece. Hum frio vivo que sobrevem durante a primavera, produz tambem effeitos nocivos no interior mesmo das plantas que principiavão a desenvolver-se. A seiva composta d'agoa em grande parte, dilata-se congelando-se, e ao contrario as fibras da planta soffrem huma contracção, e resultão especies de roturas que occazionão hum desanrajamenro na organização.

A mesma cauza estende sua influencia destructiva até sobre os seres inorganicos. As pedras que forão molhadas antes da geada se esfolhão; os marmores que se fizerão rebentar por meio da polvora, e onde se formarão rachas pelo estremecimento que soffrerão, estão sujeitos, no mesmo cazo, a arrebentarem em diversos lugares. He bom que os artistas conheção a cauza destes accidentes, para os prevenirem.

Da Congelação do Mercurio.

CCCLXXVI. O mercurio he depois da agoa, de todos os liquidos aquelle cuja congelação tem dado lugar a observações as mais interessantes. Esta substancia, que parece ter huma influencia tão singular na natureza, não he realmente senão hum metal capaz de entrar em fuzão por huma temperatura incomparavelmente menos elevada que a que exigem os metaes ordinarios para se fundirem, o que só indica que o gráo de frio precizo para o solidificar está muito abaixo do zero dos nossos thermometros. Já Delisle e Gmelin tinhão visto o mercurio congelar-se naturalmente na Siberia, nos thermometros de que elles fazião

uzo. Mas este phenomeno tinha ficado desconhecido, ou tinha sido posto em duvida, quando no mez de Dezembro de 1759, M. Braun, Membro da Academia de Petersburg, tendo experimentado hum frio rigorozissimo que reinava então nesta Cidade, e que era de --- 34° de Fahrenheit (o que corresponde a 29 $\frac{1}{3}$ abaixo do zero do thermometro em 80 partes), chegou, por via de huma mistura de gelo pizado e de acido nitrico, a fazer descer o mercurio no tubo do seu thermometro, até a --- 69° de Fahrenheit (--- 44° $\frac{8}{9}$ do thermometro em 80 partes). Elle vio então que huma parte do mercurio estava congelado, e animado com este primeiro successo, seguio suas experiencias, substituindo neve ao gelado; o mercurio continuou a descer, e chegou, em ultima experiencia, até a --- 352° (--- 170° $\frac{2}{3}$ do thermometro em 80 partes). M. Braun tirando da mistura o thermometro, e examinando com todo o cuidado na sua bola, nella não percebeo alguma racha; ao mesmo tempo vio que o mercurio estava immovel, o que durou quazi doze minutos. Alguns dias depois repetio a experiencia com Æpinus, e chegando ainda a fixar o mercurio, quebrou a bola do seu thermometro, e tirou o metal debaixo da fórma de huma massa solida brilhante, que se estendia pela percussão, produzindo hum som surdo semelhante ao do chumbo, ao qual se approximava tambem muito por sua dureza (1).

Não se podia por tanto mais duvidar que o mercurio não fosse susceptivel de huma congelação propriamente dita, mas estava-se longe de conhecer o verdadeiro gráo de frio que bastava para a produzir. M. Braun e muitos outros physicos julgarão este gráo muito mais baixo do que não era com effeito, para ter confundido dois effeitos tão distinctos; a saber, a temperatura que tinha este metal no momento da congelação, e a contracção consideravel que elle experimentava chegando a fixar-se, o que o punha em contraste, debaixo desta razão, com a agoa, que, como vimos, experimenta pelo contrario huma dilatação, antes de tocar o termo em que se congela.

(1) Nov. Comment. Acad. Scient. imper. Petropol., t. XI.

CCCLXXVII. A idéa que devia conduzir á determinação deste limite, que he relativamente ao mercurio, o que he pelo diz respeito á agoa o zero do thermometro em 80 partes, se aprezentou no mesmo tempo a Black e a Cavendish, dois homens dos mais capazes de se juntarem. Elles raciocinarão do mercurio como da mesma agoa, cuja temperatura he sensivelmente constante desde o momento em que este liquido começa a congelar-se, até aquelle em que toda a massa se torna sólida. M. Cavendish, para fazer ainda mais tocante a analogia suggerida por esta observação, a applicou a metaes igualmente fusiveis, taes como o chumbo; e achou que hum thermometro prolongado em hum ou em outro destes metaes, se demorara estacionario em todo o tempo da passagem da liquidez á solidez. (1)

O apparelho destinado para as experiencias relativas ao mercurio, consiste em hum pequeno thermometro de mercurio, que se introduzia em hum matrás de vidro cuja bola estava cheia do mesmo metal, e cercada de huma mistura de materiaes frigorificos. Via-se o mercurio descer progressivamente no tubo do thermometro, até ao momento em que começava a congelação do que estava no matrás, e parar depois no mesmo ponto, durante todo o tempo em que ella continuava a operar-se. Achou que o termo indicado então pelo mercurio do thermometro correspondia quazi a — 39° de Fahrenheit (31° $\frac{1}{3}$ do thermometro em 80 partes). Empregando-se hum thermometro d'alkool construido segundo esta mesma divizão, obtem-se quazi 28 gráos abaixo de zero, pelo termo correspondente.

CCCLXXVIII. A experiencia da congelação do mercurio foi repetida muitas vezes em Paris por alguns annos. As pessoas que tiverão a coragem de pegar com a mão o metal gelado, soffierão huma sensação doloroza, da qual não se tem podido dar huma justa idéa senão comparando-a com a que produz huma forte queimadura. Nada justificou melhor a lingoagem dos poetas que para pintarem hum frio muito vivo, o chamarão hum *frio queimante*.

---

(1) Philosoph. Transsact., 1783, p. 313.

Cristallização das Substancias metallicas pelo resfriamento.

CCCLXXIX. A maior parte dos metaes, solidificando-se depois de terem sido fundidos, padecem huma cristallização regular. O calorico obra aqui relativamente a hum metal em fuzão, como os liquidos ordinarios relativamente a hum sal que elles tem em estado de dissolução. Em hum e outro cazo, he a retirada da substancia interposta entre as moleculas metallicas ou salinas, que as deixa approximarem-se ou unirem-se debaixo de fórmas geometricas, quando ella se faz lentamente para lhe dar occazião de tomarem o arranjamento que concorda com as leis da cristallizàção.

Os primeiros indicios que forão observados destes phenomenos, parecem ser estas especies de estrellas esbranquiçadas que se formão na superficie do antimonio. Foi aos olhos dos alchimistas que ellas se apprezentarão então, e elles explicarão o facto em alchimistas; era huma estrella de feliz presagio, que lhe prometia a metamorphose do antimonio em oiro.

As experiencias feitas sobre bismut por Brongniart, professor no Muzeo de Historia natural, offerecerão o primeiro exemplo de hum metal convertido em cristaes salientes, por hum processo semelhante ao que Rouelle tinha empregado no enxofre, e que consiste em deixar coalhar a superficie do metal, depois furar esta especie de crusta e esvaziar o cadinho. Quebrando-se depois este, depois de hum inteiro resfriamento, acha-se a cavidade toda tapessada de cristaes, que apprezentão, segundo as circunstancias, grupos d'octaedros ou de cubos dispostos sobre linhas perpendiculares entre si, e relintrantes como a voltas de hum caramujo.

Julgou-se que o vacuo formado pelo metal que sahio do cadinho, dando accesso ao ar, favorecia a producção dos cristaes. A verdade he que estes cristaes se formão no meio mesmo do metal ainda em fuzão; pela approximação das partes que primeiro se resfriavão. Succede neste metal, quazi como á agoa que se congela no meio da agoa ainda liquida. Não se faz outra couza, esvaziando-se o cadinho, que pôr a nu os cristaes já formados e separa-los da materia metallica que os envolve, com a qual não se formaria então mais que huma massa solida depois do resfriamento. Isto se póde assegurar cortando, com a

ponta de hum canivete, a crusta que se fórma na superficie; retirar-se-há esta crusta coberta por baixo de cristallizações semelhantes ás que descrevemos. O bismuth he hum dos metaes que se presta mais facilmente a este genero de observações.

3. *Da Agoa em estado de vapor.*

Já nos occupámos deste assumpto, tratando do calorico, que he o principal agente dos phenomenos que elle apprezenta. Agora não nos resta mais que expôr muitos detalhes, que não fizemos entrar nessa occazião na relação dos phenomenos, para lhe dar mais precizão, não lhe deixando distinguir, á primeira vista, senão aquelles que tem huma ligação mais estreita com os principios da theoria. Nós nos limitaremos aos resultados que dizem respeito ao vapor considerado em si mesmo, e reservaremos para o artigo do ar outros detalhes que dependem da união do vapor com este fluido.

CCCLXXX. Quando a ebullição, que anuncia o instante em que o vapor chega ao *maximum*, he produzida por meio do fogo, o qual suppomos obrar por baixo do vazo que contém o liquido, a camada inferior deste recebendo immediatamente o calorico que se introduz no vazo, deve tambem ser o primeiro a evaporizar-se. Porém o mesmo effeito tem lugar debaixo de hum recipiente onde se fez o vacuo, determinando a ebullição por huma temperatura muito mais baixa do que a que seria necessaria debaixo da pressão da atmosfera (208). Neste cazo, o resfriamento occazionado pela rarefacção do ar contido debaixo do recipiente, obra na camada superior, e de proximo em proximo nas seguintes, por gráos sempre decrescentes; do que se segue que a camada mais baixa que conserva mais calor, deve tambem dar as primeiras bolhas.

CCCLXXXI. Quando a agoa evaporada encontra os corpos vizinhos cuja temperatura he muito mais baixa que a sua, ella lhe cede no mesmo instante huma grande parte do calorico que a conserva neste estado de fluido elastico, e torna ao estado de liquido, adherindo á surperficie destes corpos debaixo da fórma de huma camada de humidade. Disto procede a viva impressão de calor que sente a mão ou qualquer outra parte do corpo que se acha exposta subitamente ao vapor da agoa.

CCCLXXXII. A extinção do fogo, produzida pela injecção d'agoa sobre os corpos abrazados, não he outra

couza, nas idéas do vulgo, senão o effeito de huma especie de luta entre as duas substancias inemigas, huma das quaes se oppõe aos progressos da outra. A verdadeira explicação do phenomeno he que a agoa intercepta de huma parte o contacto do ar com o corpo combustivel, e d'outra parte rouba, evaporizando-se, huma parte do calorico necessario para produzir entre as moleculas do mesmo corpo huma separação que as dispõe a uirem-se com o oxigenio do ar.

CCCLXXXIII. Ainda que a agoa ainda liquida se aqueça de mais em mais, suas dilatações varião em huma razão sensivelmente maior que os incrementos de calor, e esta differença he sobre tudo notada na proximidade da ebulicção. He o que se conceberá attendendo-se que quando a distancia entre as moleculas aquozas cresce até a hum certo ponto, pela força elastica do calorico, a affinidade, que não obra mui sensivelmente senão depois do contacto, deve diminuir sempre mais rapidamente, mesmo supponndo augmentos iguaes de calor; de sorte que as dilatações, pelo contrario, crescerão em huma grande razão. Entretanto o effeito total da dilatação, desde o termo do gelo fundente até ao da agoa fervendo, se limita a augmentar quazi $\frac{1}{16}$ o volume da agoa. Mas no momento da ebullição, a dilatação faz hum salto rapido; e segundo as experiencias mais modernas, o vapor se desenvolve rapidamente em hum espaço mil setecentos e vinte e oito vezes maior que o que occupava a agoa no estado de simples liquido, de sorte que cada polegada cubica desta agoa produz hum pé cubico de vapor.

CCCLXXXIV. A esta grande expansão da agoa evaporizada he que se deve o effeito da éolipila, que se attribuio por tanto tempo á dilatação do ar. Dá-se este nome a hum vazo de metal em fórma de huma bola oblonga oca, cuja cauda he hum tubo recurvado. Aquece-se o vazo para fazer sahir huma grande porção do ar que contém, depois prolonga-se o orificio do tubo em agoa, até que este liquido, que a pressão do ar ambiente introduz na capacidade do vazo, o encha ametade ou o mais dois terços. Põe-se depois a éolipila, voltado o fundo para baixo, sobre carvões ardentes, e anima-se o fogo, até que hum sopro violento saia do orificio do tubo. Por fim inclina-se a éolipila de modo que seu tubo seja posto verticalmente, o orificio para cima, e continua-se a aquecer. Lo-

go a parte da agoa ainda liquida, impellida pelo vapor, se arremeça debaixo da fórma de hum jacto que se eleva algumas vezes á altura de 8 metros ou quazi 23 pés. Se o licor he o alkool, ter-se-há hum jacto de fogo apprezentando hum faxo acezo quazi a hum decimetro acima da origem do jacto.

CCCLXXXV. O vapor d'agoa se torna capaz de produzir effeitos muito mais admiraveis pela sua força expansiva. Acha-se nas Memorias da Academia das Sciencias de Paris para o anno de 1707, observações communicadas por Vauban, do que resulta que 140 libras d'agoa convertida em vapor, produzem huma explozão capaz de fazer saltar huma massa de 77000 libras, se bem que 140 libras de polvora não póde operar hum semelhante effeito senão sobre huma massa de 30000; de sorte que a força da agoa em vapor, seria mais que duplicada da polvora.

Das Maquinas de Vapor.

Effeitos tão poderozos como os que viemos de fallar não devião ficar estereis para as necessidades das artes: era huma nova força motriz que a mecanica exigia do genio que a tinha creado, e calculado sua energia. Esta sciencia, por muito tempo, não empregou a agoa, quanto a isto, senão gozando de seu curso natural, ou regulando-se-lhe huma queda, para lhe submeter o jogo das maquinas que ella movia por huma impulção sempre activa. As experiencias emprehendidas sobre a força da agoa reduzida a vapores, fizerão nascer a idéa de a applicar com tanto mais vantagem ao mesmo fim, quanto, independentemente de sua grande energia, ella póde ser applicada a tudo que os interesses do commercio e industria exigirem.

CCCLXXXVI. A execução das maquinas de vapor tiverão, como as outras maquinas, suas differentes epocas, que correspondem successivamente a novos gráos de perfeição. Diminuir, tanto quanto for possivel, a quantidade de evaporação necessaria para o effeito que se tem em vista, e por isso poupar o combustivel; juntar a esta primeira economia a do material e mão d'obra, restringindo as dimensões das peças, sem prejudicar os resulsados; prevenir as explozões, por sabias precauções tomadas contra hum agente cujo poder se torna destructivo quando não he limitado; taes são em geral os objectos que fixarão a attenção dos constructores, excitando entre elles huma especie de rivalidade. Nós nos limitaremos aos meios mais

notaveis de perfeição, e não entraremos na descripção das maquinas, senão quando for precizo para a intelligencia do effeito principal.

Todos os movimentos da maquina de vapor, tirão sua origem do jogo de hum embolo que sóbe e desce alternativamente em hum tubo cylindrico, em communicação com huma caldeira onde o vapor se fórma pela acção do fogo que se entretem por baixo. O modo como o vapor contribue ao jogo do embolo varia segundo os differentes methodos; nosso objecto he sobre tudo comparar estes methodos, e fazer ver novas vantagens que elles trazem comsigo á medida que elles succedem huns aos outros.

CCCLXXXVII. O primeiro methodo cujo successo se anunciou por hum dezejo geral de o imitar, he o que se attribuio commummente a hum Inglez, chamado Savery, mas esta invenção he devida a dois outros Inglezes; hum se chamava Newcomen, e o outro João Cawley. A maquina que pertence realmente a Savery, tinha muita analogia com a fonte de compressão que descreveremos no artigo do ar, e na qual este fluido condensado exerce sobre a agoa huma pressão que a obriga a lançar-se por hum canal que lhe permite huma livre sahida; toda o differença consistia em que Savery substituia a força do vapor em lugar do ar comprimido. Savery, associando-se com Newcomen, lançou mão de sua descoberta, e sua ambição eclipsou logo o homem simples e modesto que limitava a sua a fazer bem.

Para se conceber o jogo da maquina em questão, supponhamos que o embolo tenha descido ao ponto mais baixo de sua carreira, de repente a communicação se abre entre a caldeira e o fundo do cylindro; por hum movimento lateral que faz hum circulo chamado *regulador*, que, antes, tapava esta communicação; o vapor se introduz por baixo do embolo, e o impelle debaixo para cima por sua força expansiva. Logo que acaba de subir, o regulador torna a seu lugar, e por meio de huma torneira que se abre no mesmo instante, hum jacto d'agoa fria sahe de hum tubo unido ao cylindro, e vai tocar a baze inferior do embolo, donde cahindo, debaixo da fórma de huma chuva, condensa o vapor, e lhe destroe o effeito. Logo o ar atmosferico, que obra por sua pressão na baze superior do embolo, a faz descer, depois do que a emissão do vapor e os outros effeitos se succedem de novo, de modo que perpetuão os movimentos alternativos do embolo.

A extremidade superior da astea do embolo he preza a huma das extremidades de huma alavanca, da qual a extremidade opposta faz mover em sentido contrario a astea de hum segundo embolo adoptado a huma verdadeira bomba, na qual a agoa se eleva ordinariamente.

Esta maquina tinha sobre tudo dois inconvenientes que não tardarão em prevenir-se: de huma parte, a injecção da agoa fria, fazendo-se no mesmo cylindro, resfriava as paredes; d'outra parte, era precizo ter a baze superior do cylindro sempre coberta d'agoa, não só para impedir o dessicamento dos coiros, como para tapar o accesso do ar na parte inferior do cylindro aonde se introduzia o vapor; do que resultava que o embolo, durante sua descida, humedecia as paredes do cylindro. Para compensar o effeito do resfriamento produzido pelas duas cauzas de que viemos de fallar, faltava fornecer huma maior quantidade de vapores, do que resultava hum duplicado defeito de economia no emprego do metal de que era construida a caldeira que devia ter huma maior capacidade, e no consumo do combustivel.

CCCLXXXVIII. A maquina imaginada pelo celebre Wats, reune á vantagem de fazer desapparecer estes inconvenientes, huma perfeição que parece tê-la feito nova por todas as razões. O que a distingue principalmente, he o duplicado emprego do vapor, do qual huma parte se introduzia debaixo do embolo, como na maquina attribuida a Savery, e a outra por cima do mesmo embolo; de sorte que o interior do cylindro não tinha alguma communicação com o ar atmospherico, que em nada influe no jogo da maquina. De mais, a extremidade da alavanca, opposta á que conduz o embolo do cylindro do vapor, he carregada de hum contrapezo do qual logo veremos o uzo. Em fim a baze do cylindro communica com hum tubo chamado *condensador*, que está posto de lado, e no qual se opéra a condensação.

Supponhamos agora o embolo chegado ao ponto o mais alto de sua carreira, de sorte que haja hum vacuo em toda a parte do cylindro situado por baixo, e que o embolo não seja retido em sua pozição senão pela acção do contrapezo de que já fallamos. Neste estado, o vapor entra por cima do embolo, e sua força preponderante, á vista da do contrapezo, obriga o embolo a descer até que tenha terminado seu jogo. No mesmo instante hum novo vapor se introduz por baixo do embolo, e o fórça a subir, até que elle se ache em equilibrio entre os dois va-

pores: logo elle continua a elevar-se pela acção do contrapezo, sem que nada o empéssa ao contrario. A' medida que o embolo sobe, calca o vapor que está em cima, e que se vai restituir debaixo da baze inferior, para encher o espaço que ella deixa vazio por sua ascenção. Este movimento terminado, o condensador se abre, e permitte ao vapor introduzir-se em sua cavidade, onde elle he condensado por huma injecção d'agoa fria. O embolo desce despois, e sobe alternativamente, em virtude de huma combinação semelhante de differentes acções produzidas pelos dois vapores e pelo contrapezo.

Facilmente se vê que esta construcção he mais bem ordenada que a precedente, em prevenir o gasto superfluo do vapor e do combustivel occazionado pelo resfriamento do cylindro. A maquina de Chaillot, perto de París, que se poz em pratica, e cuja execução he devida aos talentos dos Irmãos Perrier, tem por objecto, como se sabe, o elevar a agoa de hùm sumidouro que communica com o Seine, para a distribuir depois por differentes destrictos de París. Segundo o prospecto publicado pelos authores, esta maquina póde fornecer, no espaço de 24 horas, quazi treze mil setecentos e onze metros cubicos, ou quatrocentos mil pés cubicos d'agua.

CCCLXXXIX. Até a este tempo não se conhecia nada mais perfeito este genero, quando em 1788, Betancourt fazendo huma viagem a Londres, ahi vio huma nova maquina de vapor, executada pelas diligencias de Wats e Bolton. Contentou-se com o dizerem-lhe que esta maquina tinha muitas vantagens sobre as outras; mas de resto, fizerão-lhe misterio do mecanismo, e o segredo estava bem guardado pela maquina mesmo, para hum observador que não fazia mais que passar por diante de huma reunião de peças, humas interiores, outras disfarçadas pela dispozição de edeficio. Com tudo Betancourt advinhou o principio, e, voltando para París, construio hum modelo, em que fez applicação deste principio por meios tanto simples como ingenhozos.

Nesta nova maquina, o vapor se introduzia tambem por baixo e por cima do embolo; mas a perfeição do mecanismo consiste em que a injecção da agoa fria se renove dos dois lados, de sorte que condense successivamente o vapor superior, deixando ao que obra por baixo toda a sua força para elevar o embolo, e o vapor inferior, para dar lugar ao que passa para o alto do cylindro exercer da mesma sorte todo o seu esforço sobre a baze su-

perior do embolo. Resulta que o embolo he repelido com a mesma força subindo e descendo; e disto nascem vantagens mui notaveis.

Por tanto o contrapezo he supprimido, e he huma sobrecarga de menos para a maquina; depois, a igualdade de impulção que tem lugar em qualquer sentido que se mova o embolo, permitte o applicallo como huma potencia uniforme para hum movimento de rotação que obra sem interrupção produzindo os effeitos vistos. Assim, na primeira maquina, o embolo não contribuindo para o effeito principal, senão quando se abaixava, nesta o embolo, seja subindo, seja descendo obra sempre efficazmente. Supponhamos que o da primeira maquina tenha huma baze dobrada da do embolo da segunda; a columna de vapor, que calca a baze desta, exercerá, sendo tudo igual, huma pressão duplicada da que experimenta a baze da outra. Porém nos dois movimentos do primeiro, há hum que não he de restituição; donde se conclue que o segundo embolo, que trabalha sempre utilmente, obrando sobre huma alavanca duplicada, fará em dois tempos o que a primeira não produz senão no tempo de sua descida.

Disto resulta por tanto huma economia no material do cylindro, e por consequencia nas peças que lhe pertencem. Demais, pode-se diminuir a capacidade e a espessura da caldeira, porque o vapor não tem lugar de nelle se accumular como no outro, d'onde elle não sahe senão por intervallos. Finalmente a superficie d'agoa, ainda liquida na caldeira, sendo nella menos comprimida pelo vapor que se fórma por cima, esta se evaporiza, com hum menor gráo de calor, o que, junto ás outras cauzas, economiza muito o combustivel.

Vê-se em París, na Ilha dos Cysnes, huma maquina construida segundo o principio que viemos de expôr, e que he empregada a fazer mover moinhos de trigo.

Não podemos mais de que esboçar a descripção desta maquina, assim como das precedentes. Passariamos os limites que somos obrigados prescrever a nós mesmos, se emprehendessemos correr todos os differentes accessorios empregados a introduzir ou a condensar o vapor, e de fazer conhecer os meios que forão tomados para entreter a uniformidade do movimento, para prevenir os accidêntes que poderião occazionar huma mui fraca condensação, etc. Devemos observar, neste objecto, que nos primeiros ensaios da maquina de fogo, serião precizos homens especialmente encarregados de abrir a cada instante

as torneiras que dão passagem ao vapor ou á injecção d'agoa fria. Prezentemente tudo se reduz ao serviço do que intertem o fogo; o resto marcha por si mesmo. A força do vapor que anima os corpos da maquina, se transmitte ás differentes peças que lhe faz as vezes de braços, e mãos; e o mesmo genio que soube converter huma pouca d'agoa penetrada de calor em hum agente capaz de produzir movimentos que exigem poderozas forças, chegou ainda a poder descançar sobre esta cauza cega, daquelles mesmos que parecem exigir huma attenção vigilante e cuidados assiduos.

Assim, comparando os effeitos da agoa nos seu dous estados extremos, o de solidez e o de fluidez elastica, vê se, com huma duplicada surpreza, a grande energia que ella emprega para romper suas barreiras, seja quando suas moleculas ficão abandonadas á força que obra para as encadear, seja quando ellas são lançadas pela força que tende a separar humas das outras.

V. DO AR.

CCCXC. Depois de se terem exposto as propriedades do liquido que banha a superficie do nosso globo ou corre pelo seu interior, passemos a considerar as do fluido invisivel que o circula até huma grande altura. Aqui hum grande interesse se une ao que a mesma sciencia inspira, para nos sollicitar ao estudo deste fluido, no meio do qual nós estamos continuamente prolongados, que obra sobre nós de tantas maneiras differentes, e ao qual somos devedores da nossa vida não sómente, mas tambem porque faz hum dos principaes de nossos divertimentos, pois que he a elle que nós confiamos todos nossos pensamentos para os transmitir aos nossos semelhantes, com a falla que he o signal.

CCCXCI. Em todo o tempo se notou estar sempre o ar carregado de huma quantidade mais ou menos consideravel de principios heterogenios, de emanações de differentes especies, e sobre tudo de vapores aquozos. Mas o ar, suppondo-o separado de todas as materias estranhas que alterão sua pureza, era olhado como hum ente simples, e hum dos quatro elementos em que todos os corpos se resolvião por ultima analise. He provado prezentemente que este fluido he formado de dois principios mui differentes, dos quaes hum he chamado *gaz oxigeno*, o outro *gaz azoto*. O primeiro, se existisse só, seria muito respiravel e consumiria nossa vida; o segundo, quando se obtem isola-

do, suffoca os animaes que nelle são prolongados. Da mistura dos dois se fórma hum fluido perfeitamente accommodado ás funções da economia animal. Os detalhes relativos a este objecto, assim como á maneira como o ar se decompõe pela respiração, pertence tambem á sciencia que nos tem patenteado a verdadeira natureza deste fluido. Nós não o olharemos aqui senão no seu estado natural, e reduziremos a quatro pontos de vista os conhecimentos que vamos desenvolver. O primeiro nos offerecerá as propriedades de que o ar goza mais constantemente, taes como o pezo e sua elasticidade; o segundo comprehenderá as que resultão de sua dilatação por huma superabundancia de calorico; o terceiro será relativo á sua união com a agoa, da qual elle he o dissolvente; o ultimo terá por objecto este movimento particular de vibração, por via do qual o ar se torna o vehiculo do som.

1. *Do Pezo e Elasticidade do Ar.*

CCCXCII. Galileo, cujo nome por si mesmo figura, todas as vezes que se trata das primeiras indagações sobre o pezo, verificou o do ar, que era negado quazi geralmente antes d'elle, ainda que foi reconhecido por alguns filosofos da antiguidade. Este celebre physico, tendo injectado o ar em hum vazo de vidro, de maneira que ficasse nelle comprimido, achou que o vazo pezava mais que quando o ar nelle estava no seu estado natural. Elle procurou mesmo, por outra experiencia, o pezo deste fluido comparado com o da agoa; mas elle o achou na razão unicamente da unidade para 400, muito menor, como logo veremos.

Idéa da Maquina Pneumatica.

CCCXCIII. Não se conhecia ainda a maquina pneumatica, na epoca de que fizemos menção. A Otto de Guericke, primeiro magistrado de Magdebourg, he a quem devemos a invenção desta bella maquina, que não tem como as outras, hum lugar á parte na Physica experimental, pois que em todos os seus ramos se faz uzo della.

Esta maquina reduzida á sua maior simplicidade, he composta de hum cylindro vertical de cobre, no qual se move hum embolo, e cuja baze superior tem huma torneira, acima da qual está soldada huma chapa circular, posta horizontalmente. He sobre esta chapa que se põe os re-

cepientes que se querem purgar do ar, o que se executa fazendo descer e subir o embolo alternativamente. No primeiro cazo a torneira se abre de modo que estabelece huma communicação entre a capacidade do recepiente e a do cylindro; quando o embolo desce tapa o o orificio da torneira, cuja chave he furada de modo que dá huma sahida ao ar que o embolo lança fóra tornando a elevar-se, sem o deixar entrar no recepiente. Tem-se variado muito a construcção desta maquina, e os Inglezes imaginarão huma de dois corpos de bomba, cujos embolos jogavão por meio de huma manivella e de huma roda dentada; diversas valvulas abrèm e feixão alternativamente a communicação entre o recepiente e os corpos da bomba, e entre estes e o ar exterior, de sorte que senão faz voltar a chave da torneira mais que duas vezes, huma antes da experiencia, para dar huma passagem ao ar que deve sahir do recepiente, a outra no fim, para conservar o vacuo.

Experiencias sobre a Gravidade do Ar.

CCCXCIV. Munidos com o instrumento tal como acabamos de descrever, os physicos provão a gravidade do ar, por huma experiencia muito simples, que consiste em pezar hum ballão cheio d'ar, depois pezallo de novo, tendo-se-lhe extrahido o ar: sente-se huma diminuição sensivel no pezo do ballão.

Chegou-se tambem a determinar exactamente o pezo especifico do ar. Segundo os resultados de Deluc, a razão entre o pezo do ar e o da agoa destillada, na temperatura do gelo fundente, debaixo de huma pressão media de 28 polegadas de mercurio, he de 1 para 760. M. Biot, em huma experiencia mais moderna, feita com huma extrema exactidão, achou $\frac{1}{770,30}$ pela dita razão.

Cauza da elevação da Agoa nas Bombas.

CCCXCV. A gravidade do ar huma vez reconhecida, parece que não era difficil notar ser devida á pressão deste fluido a ascenção da agua nos corpos da bomba. Mas faltava, para guiar os physicos huma das observações inatendiveis, feitas para excitar nos espiritos esta especie de inquietação favoravel ás descobertas.

Ha lembrança de que os antigos phylosophos, quan-

do se lhes perguntava porque a agoa subia nas bombas, davão de mão ao negocio, respondendo que a *natureza tinha horror ao vacuo*; o que não era outra couza senão huma maneira orgulhoza de confessar que elles nada sabião. Os constructores italianos lembrando-se quererem fazer bombas aspirantes, cujas mangas tinhão mais de trinta e dois pés de alto, notarão, com surpreza, que a agoa recuzava elevar-se acima deste limite. Pedirão a Galileo a explicação deste facto singular; e pertende-se que este phylosopho, desprevenido, respondera que a natureza não tinha horror ao vacuo senão até trinta e dois pés. Torricelli, discipulo de Galileo, tendo meditado sobre o phenomeno, conjecturou que a agoa se elevava nas bombas, em consequencia da pressão do ar exterior, e que esta pressão não tinha senão o gráo de força necessaria para contrabalançar o pezo de huma columna d'agoa de trinta e dois pés.

Elle verificou esta conjectura por huma experiencia, pela qual a Physica lhe he duplicadamente devedora, porque procurando fazer evidente huma descoberta importante, elle nos engenhou o barometro. Torricelli vio o mercurio parar a 28 polegadas em hum tubo de vidro tapado na parte superior e posto verticalmente; e a altura de que se trata, estando para a de trinta e dois pés na razão inversa das densidades da agoa e do mercurio, concluio que o phenomeno pertencia á Statica, e que era realmente, como elle tinha prezumido, a pressão do ar que determinava a agoa ou o mercurio elevar se até que houvesse equilibrio.

Isto se passava em 1643. No anno seguinte, a novidade da experiencia de Torricelli se espalhou em França por huma carta escripta de Italia ao Padre Mersenne. A experiencia foi feita de novo em 1646, por Mersenne e Pascal; e este imaginou, em 1647, hum methodo de a fazer ainda mais decisiva, fazendo-a em differentes alturas. Convidou em consequencia, seu amigo Périer para a repetir sobre a montanha do Puy-de-Dôme, e para observar se a columna de mercurio descia no tubo á medida que se elevava mais. Vê-se pela carta de Pascal a Périer, onde elle parece não querer nomear Torricelli, que elle não tinha ainda totalmente renunciado á quimera do horror que se attribuio á natureza para o vacuo, e convindo que este horror não era invencivel, elle não ouzou segurar que elle não tivesse lugar em algumas circunstancias. O bom successo da experiencia o desabusou. Porém esta não era mais que confirmativa da de Torricelli, e juntava de mais hum raio ao golpe de luz que tinha sahido.

Effeitos da Pressão do Ar sobre o corpo do Homem.

CCCXCVI. A pressão da athmosphera sobre huma superficie dada, sendo quazi a mesma que exerceria sobre esta superficie huma columna d'agoa de trinta e dois pés d'altura, calculou-se, segundo este dado, o effeito da pressão de que se trata, relativamente a hum homem de mediana estatura, e achou-se que equivale a hum pezo de 33600 libras, quazi 16000 kilogrammos. Eis-aqui o pezo, que sustentavão os antigos philosofos, que negavão seriamente a gravidade do ar.

Por mais consideravel que seja este pezo, sua pressão se exerce, por assim dizer, sem o apercebermos, porque ella he continuamente contrabalançada pela reacção dos fluidos elasticos contidos nas concavidades interiores do corpo; e ainda que o ar esteja sujeito a continuas variações, que augmentão ou diminuem sua densidade, em consequencia da mudança de temperatura e da acção de diversas cauzas naturaes, como estas variações, em geral, são contidas entre limites pouco extensos, e porque se fazem successivamente e de vagar, não nos affectão, de ordinario, senão de huma maneira pouco sensivel. Mas se acontece huma mudança subita, como quando o homem se eleva a grandes alturas, a raptura de equilibrio que resulta tem huma influencia mui notavel na economia animal. Experimenta-se logo hum cançasso extremo, huma inhabilidade absoluta de continuar sua marcha, huma somnolencia a que sucumbe involuntariamente: a respiração se torna apressada e anhelante; as pulsações tomão hum movimento accelerado (1). Para explicar estes effeitos, tem-se considerado que o estado de commodidade, em tudo quanto depende da respiração, exige que huma quantidade d'ar determinada atravesse os plumões em hum tempo dado. Se pois o ar que respiramos se torna mais raro, será precizo que as inspirações sejão mais frequentes á proporção; o que fará a respiração cruel, e occazionará os diversos symptomas de que fallamos.

Pelo que diz respeito aos inconvenientes que resultarião de hum ar muito condensado, o homem não lhe está exposto pela acção das cauzas naturaes; e parece que elles são menores, em geral, que os que tem por cauza a

(1) Saussure, Voyage dans les Alpes, numeros 559 et 2021.

rarefação do ar. Não se póde citar aqui como huma prova da grandeza destes inconvenientes o que accontecia aos mergulhadores, quando estavão metidos debaixo da maquina de mergulhar que descia verticalmente na agoa, e onde o ar, opprimido pelo pezo das columnas ambientes, se condensava de mais em mais, á medida, que o vazo se achava a huma maior profundidade. Os accidentes que sobrevierão ao homem que se tinha demorado, por hum certo tempo debaixo da maquina, dependião, em grande parte da alteração produzida no ar pela respiração, e o que este ar tinha de mais perigozo, era a falta do renovamento.

Do Barometro.

CCCXCVII. Os detalhes relativos á construcção do barometro, achão naturalmente aqui seu lugar. Este instrumento, reduzido á sua maior simplicidade consiste em hum tubo de vidro de mais de trinta polegadas de altura, e tapado em cima. Enche-se este tubo de mercurio, que se tem cuidado de fazer ferver para o purgar do ar; depois tendo o dedo applicado ao orificio inferior, vira-se o tubo, e prolonga-se pelo mesmo lado, em huma tigella de vidro, na qual se lança igualmente mercurio. Tira-se o dedo, e vê-se no mesmo instante o mercurio descer no tubo, á altura quazi de 28 polegadas; ajusta-se depois o tubo com sua tigella a huma plancha dividida em polegadas e em linhas, partindo do nivel que dá o mercurio contido na tigella. Obtem-se assim hum meio de observar as variações a que está sujeita a pressão do ar, em virtude da cauza de que dependem os phenomenos da metereologia.

CCCXCVIII. Esta construcção he sujeita a huma imperfeição que impede os movimentos da columna de mercurio, avaliados segundo as indicações da escalla, a serem exactamente proporcionaes ás differentes pressões do ar; porque, á medida que esta columna sobe ou desce, ella determina huma pequena porção do mercurio contido na tigella, a passar para o tubo, ou a entrar na tigella, o que faz variar a posição do nivel; de sorte que elle não corresponde constantemente ao zero da escalla, que he entretanto o termo de separação a que se reporta a observação da altura a que corresponde a extremidade da columna sobre a mesma escalla. Esta imperfeição he tanto menos sensivel, quanto a tigella tem mais largura no lu-

gar da linha do nivel. Tem-se imaginado differentes meios para fazello desaparecer: por exemplo em certos barometros, fez-se a escalla movel no sentido de sua altura; de modo que por meio de parafuzo de restituição, se póde fazer com que a linha do nivel se ache exactamente defronte do zero da escalla. Substitue-se então em lugar da tigella huma porção do mesmo tubo do instrumento, que, neste cazo, he recurvado na sua parte inferior, á variação sensivel do nivel que resulta, podendo sempre ser corrigida pelo movimento da escalla. Outros physicos empregão huma segunda tigella de huma maior capacidade, e cheia em parte de mercurio na qual a tigella do barometro está inteiramente prolongada. Quando se quer fazer huma observação, levanta-se o barometro com sua tigella acima do mercurio ambiente; e como então esta tigella se acha sempre cheia, a linha de nivel dado pela superficie superior do mercurio que ella contém, conserva huma pozição fixa, relativamente á graduação.

CCCXCIX. Vê-se pelo que precede, que a escalla do barometro he regulada segundo outro principio que a do thermometro. Os movimentos do licor, neste intrumento, se medem em partes proporcionaes á distancia entre os dois limites dados pela observação; elles differem nos diversos thermometros, ainda que por gráos semelhantes, quando as circunstancias são as mesmas: no barometro, pelo contrario, onde não ha mais que hum termo fixo, que he o nivel que por si mesmo se estabelece desde o primeiro instante, a altura da columna se mede de huma maneira absoluta; e ella augmenta e diminue por gráos iguaes nos differentes barometros submetidas ás mesmas variações da atmosphera.

Querendo-se introduzir a divizão decimal na escalla do barometro, os limites da variação da columna, que se estendem pelo espaço comprehendido quazi entre 26 e 29 polegadas, conrresponderão, huma a 70, e a outra a 78 centimetros, desde a linha do nivel, o que faz 8 centimetros para o alcance da observação: no mesmo cazo, a elevação de 28 polegadas corresponderá a 758 millimetros.

CCCC. A altura media do barometro sendo, como viemos de vêr, de quazi $0^{metr.}$ 76 e a razão entre as gravidades especificas do mercurio e do ar, relativas a esta mesma altura, sendo a de 10475, 68 para a unidade, segundo huma experiencia que ao depois citaremos, determinar-

se-ha facilmente a altura da atmosphera, se o ar de que esta he composta tivesse no seu todo a mesma densidade que perto da superficie da terra. Seria sufficiente, nesta hypothese, multiplicar a razão de que se trata por o $\frac{\text{metr.}}{\text{metr.}}$ 76 o que daria 7961, 5, ou quasi 4084 toezas, pela altura pedida. Porém esta determinação está bem distante da verdadeira, por cauza da diminuição que soffre a densidade do ar, á medida que suas differentes camadas estão mais distantes da terra. Nós faremos conhecer, fallando das leis a que está submetida a luz, outro meio que tende mais directamente ao mesmo fim, ainda que deixe ainda incerteza cobre o resultado que se deduzio.

Experiencias sobre a Força Elastica do Ar.

CCCCI. A elasticidade do ar, de que nos vamos agora occupar, he provada por diversas experiencias bem conhecidas. Numa das mais ordinarias he aquella em que se emprega a maquina chamada *fonte de compressão.* Consiste em hum vaso de metal d'huma fórma redonda, no cimo do qual ha huma abertura; por onde elle se enche d'agoa até quazi dois terços de sua capacidade. Atarracha-se depois no lugar da mesma abertura hum tubo que desce pelo vaso até a huma pequena distancia do fundo, e cuja parte superior que sobrepassa a abertura he armada com huma torneira. Adapta se a esta mesma parte huma bomba, e a torneira sendo aberta, injecta-se huma grande quantidade de ar para o interior do vaso: mas este ar mais leve que a agoa, se eleva, e sua elasticidade augmenta com sua densidade, á medida que se dão novos golpes d'embolo. Fecha-se a torneira, retira-se a bomba, e substitue-se-lhe huma especie de cône occo, aberto pela extremidade que está voltada para cima, do momento em que se abre a torneira de novo, o ar condensado empregando sua força na superficie d'agoa a faz sahir com violencia pelo canal prolongado neste liquido, que se vê esguichar, debaixo da fórma de hum jacto de dez metros (quazi trinta pés) de altura, ou mais.

Póde-se obter hum effeito analogo, só pela desenvolução da força elastica natural do ar, pondo debaixo do recepiente da maquina pneumatica hum pequeno vaso no qual tudo seja semelhante ao que offerece a fonte da compressão, no momento em que se abre a torneira para dar hu-

ma livre passagem á agoa, a excepção de que o ar situado por cima deste liquido está em seu estado ordinario. Em quanto se faz o vacuo, o ar contido no vazo, e cuja pressão sobre a agoa não he contrabalançada pela do ar exterior, e faz nascer hum repucho que se eleva debaixo do recepiente.

CCCCII. Mas a experiencia a mais interessante, relativa a este objecto, he a de Boyle e de Mariotte, para mostrar que o ar se condensa, quasi, na razão do pezo de que está carregado. Estas especies de experiencias merecem ser preferidas, porque não se limitão só a provar a existencia de hum phenomeno, mas ellas nos fazem conhecer tambem como elle existe, determinando a lei a que está submetido.

Toma-se hum tubo de vidro recurvo, cuja astea mais curta, que deve ser toda de huma igual espessura, seja quazi de 32 centimetros ou 12 polegadas de altura, e tapada hermeticamente na sua extremidade. A outra astea, que he aberta, deve ter ao menos 26 decimetros, ou oito pés de altura. O todo está fixo a huma plancha que tem huma divizão adaptada aos dois tubos. Faz-se logo correr hum pouco de mercurio na parte recurva, para haver huma linha de nivel, e conta-se o numero de gráos comprehendidos entre esta linha e a extremidade superior da astea mais curta. Neste estado de couzas o ar que occupa esta astea faz equilibrio, por sua força elastica, á pressão da columna d'ar atmospherico que peza na outra astea, e cuja pressão se transmite ao meio do mercurio contido na curvatura inferior. Esta pressão, assim como temos visto, he igual á de huma columna de mercurio de quazi 76 centimetros, ou 28 polegadas de altura. Deita-se depois mercurio na astea mais comprida, e ao mesmo tempo o ar condensando-se na outra astea, pelo excesso de pressão que resulta, o mercurio se eleva nesta mesma astea até que haja ainda equilibrio. Mede-se então, de huma parte, o comprimento desta columna d'ar comprimido, e de outra, o excesso da columna de mercurio contido na astea mais longa, sobre a que occupa a mais curta. Supponhamos para maior simplicidade, que este excesso seja de 76 centimetros; acha-se que, neste cazo, a columna d'ar comprimido he reduzida a ametade da altura que ella tinha antes que se tivesse introduzido o mercurio. Ora esta columna está carregada de hum pezo duplicado do primeiro, pois que se lhe ajuntou huma pressão de 76 centimetros de mercurio, á huma igual pressão

exercida pelo ar atmospherico, e que não se julga ter diminuido; porque póde-se desprezar a pequena differença que resulta de que os 76 centimetros que terminão inferiormente esta columna, estão actualmente occupados pelo mercurio. Em geral, tomando-se a razão entre a primeira pressão devida á pressão da atmosphera, e outra pressão qualquer exercida por esta mesma columna e pelo mercurio accrescentado, os espaços correspondentes, occupados pelo ar comprimido, estão entre si na razão inversa das pressões; do que se vê que o ar se condensa, como dissemos, em proporção dos pezos que o comprimem. Retirando-se depois o mercurio por vezes, o ar se dilatará por sua elasticidade, e os espaços que elle occupa successivamente em sentido contrario, seguiráõ tambem a razão inversa das pressões.

Com tudo he provavel que esta razão não seja sensivelmente exacta senão entre certos limites, mesmo suppondo que o ar submetido á experiencia seja secco, e reste sempre na mesma temperatura, como he precizo. Nós achamos nos authores de Physica muitos resultados de experiencias que tendem a provar que se tem levado muito longe a contracção e a dilatação do ar, pelo augmento ou diminuição de pressão; mas parece que se não deve contar muito com a exactidão destes resultados.

Diversos Phenomenos produzidos pela Gravidade e Força Elastica do Ar.

CCCCIII. Suppondo-se por hum instante, que o ar atmospherico seja todo da mesma densidade, e que se attende ao depois ao effeito da gravidade sobre as differentes camadas deste fluido elastico, he facil conceber que cada camada, comprimida pelo pezo das camadas superiores, se condensará no sentido da sua altura, e demais, a densidade das camadas diminuirá á medida que estando em huma maior distancia da superficie da terra, ellas serão calcadas por hum menor numero de camadas superiores. He effectivamente o que tem lugar relativamente á atmosphera. Nós faremos conhecer ao depois a lei deste decremento, e o partido que se tem tirado para medir as alturas por via do barometro.

CCCCIV. Conceber-se-ha da mesma sorte que huma parte qualquer de huma columna de atmosphera, tomada na superficie da terra, deve sempre equilibrar-se, por sua força elastica, com a pressão da parte superior. Assim o ar,

exactamente contido em hum copo que se tivesse voltado com o fundo para cima, sobre hum plano perfeitamente unido, faria tanto esforço para repellir o fundo do vazo debaixo para cima, quanto o ar exterior para o repellir em sentido contrario; de sorte que não se experimentaria alguma difficuldade em elevar este vazo, o que he conforme á observação.

Porém supprimindo-se huma quantidade maior ou menor do ar interior, como tem lugar quando se faz o vacuo debaixo do recipiente da maquina pneumatica, então a pressão do ar exterior não sendo equilibrada pela acção contraria do que fica debaixo do recipiente, resulta huma difficuldade tanto maior para arrancar este recipiente da platina, quanto o vacuo se approximar mais de ser perfeito.

CCCCV. Segue-se tambem dos principios estabelecidos anteriormente, que tomando-se na superficie da terra huma quantidade certa de ar cuja força elastica fará por consequencia equilibrio a huma pressão de quazi 76 centimetros de mercurio, e que se introduz este ar em hum espaço vazio onde elle se possa dilatar, sua força elastica, diminuida pela dilatação, estará para a força primitiva, na razão inversa dos volumes ou dos espaços relativos aos dois estados successivss deste fluido. Esta consequencia póde ser verificada por via de huma experiencia interessante, que consiste em introduzir em hum barometro ordinario huma quantidade determinada d'ar, empregando por medida hum tubo do mesmo diametro que o do barometro, e cuja altura seja conhecida. Este ar, chegando acima da columna de mercurio, se dilatará por sua força elastica, no vazio que se acha neste lugar, e fará abaixar o mercurio até que sua força elastica, junta ao pezo do que restar de mercurio no tubo, faça equilibrio á pressão da atmosfera. Poder-se-hia determinar primeiro, por hum calculo simples, a altura do espaço no qual este ar se deve dilatar, ou, o que he o mesmo, a altura em que finalizará a columna do mercurio. Por exemplo, se o tubo tem 90 centimetros de altura, e que nelle se introduza 8 cent. 25 d'ar, acha-se, suppondo que a pressão do ar atmospherico a que estava então submetido o mercurio, fosse de 76 centimetros, que este liquido desce a 57 centimetros acima do nivel; de sorte que o espaço occupado pelo ar será de 33 centimetros. (1)

(1) Seja em geral, h a altura do tubo, partindo da li-

Fonte Intermittente.

CCCCVI. O que nós acabamos de dizer nos conduz á ex-

nha do nivel, p a pressão da atmosphera, n a quantidade d'ar, ou a parte da altura do tubo que occuparia este fluido se elle conservasse a densidade primitiva, e seja x a altura a que o mercurio chegará depois da dilatação do ar; $h-x$ será a parte da altura do tubo no qual o ar se espalhará dilatando-se. Ora os espaços occupados pelo ar nos seus dois estados, estando em razão inversa das densidades, ter-se-ha $h-x : n :: p : \frac{np}{h-x}$, que exprimirá a densidade ou a força do ar ditado. Mas esta quantidade, augmentada de x, que exprime a altura e ao mesmo tempo a força do mercurio, deve fazer-lhe equilibrio á pressão da atmosphera. Logo $\frac{np}{h-x} + x = p$, d'onde se tira $x^2 - (h+p)x = np-hp$, e $x = \frac{h+p}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{4np + (h-p)^2}$.

Fazendo-se $h = 90$ cent., $p = 76$ cent., $n = 8$ cent., 25 como acima, acha-se $x = 57$ e $x = 109$. O primeiro valor convem á supposição prezente, e ella dá $76 - 57$, ou 19 centimetros por expressão da força do ar dilatado. O segundo valor he relativo a outro problema; em que se suppõe hum tubo fechado por baixo, aberto por cima, e de huma altura igual a h. Suppor-se-hia de mais no fundo do tubo huma columna de mercurio, cuja altura, ou o que he o mesmo, a pressão, fosse igual a p, depois em cima huma columna d'ar que, debaixo da pressão da atmosphera, occupasse o espaço n, e por fim, em cima desta huma nova columna de mercurio, que enchesse o resto do tubo. Considerar-se-hia este tubo como posto debaixo de hum recipiente onde se faria o vacuo; logo o ar contido no tubo se dilataria, lançando fóra huma porção da columna de mercurio que pezasse sobre elle, até que sua força elastica fizesse equilibrio ao que restasse da mesma columna. Neste cazo, a quantidade x, que se trataria de determinar seria a distancia entre a baze do tubo e a baze da columna superior de mercurio, depois da dilatação do ar,

plicação dos effeitos produzidos pela fonte a que se deu o nome de *intermittente*, e da qual eis-aqui a construcção: ABC (fig. 38.) he hum globo de vidro ou de qualquer outra materia, furado de muitos buracos, aos quaes estão adaptados os tubos *n*, *o*, *r*, *s*, e atravessado no sentido do seu eixo vertical por hum tubo CZ, cuja parte superior *i* se eleve até huma pequena distancia do cume *o*, e cuja parte inferior encaxe exactamente em hum cylindro occo, SD, fixo ao fundo de huma bacia MT. A baze deste cylindro he chanfrada lateralmente em de sorte que ha huma communicação livre entre o ar contido no vazo ABC e o ar exterior. A bacia MT tem hum pequeno buraco, por meio do qual ella communica com hum reservatorio K que fica por baixo. Quando se quer uzar desta fonte, tira-se o tubo CZ do cylindro SD, revira-se, e delle se serve para introduzir a agoa no vazo ABC, até que fique cheio. Volta-se depois o tubo, e faz-se entrar no cylindro SD: neste momento o ar exterior que tem huma passagem livre pela chanfradura *u*, exerce sua pressão na superficie *ab* do liquido; mas elle obra com huma força sensivelmente igual sobre a agoa que tende a sahir pelos tubos *n*: *o*, *r*, *s*, de sorte que por isto a agoa está em equilibrio entre as duas forças do ar. Ella correrá pois pelos pequenos tubos em virtude de seu proprio pezo. A' medida que esta agoa cahe na bacia MT, sahe hama parte pelo buraco que ella tem; porém como ella recebe mais do que perde, ha hum termo em que a chamfradura *u* se acha tapada, de sorte que não póde êntrar mais ar no vazo ABC. Com tudo a agoa continúa a correr por hum instante, em quanto o ar interior se dilata, até que sua força elastica seja tão fraca, que a que lhe resta, junta ao pezo d'agoa, se equilibre com a pressão do ar, no orificio dos tubos *n*, *o*, *r*, *s*; então de repente acabará a effuzão que se fazia por estes tubos. Mas a bacia MT continuando a esvasiar-se, acontece logo que a chanfradura *u* se torna livre, e o ar se introduz de novo no vazo ABC, de sorte que os pequenos tubos principião de novo a deitar agoa. A fonte corre desta maneira e pára alternativamente, até que o vazo que fornece a agoa fique vazio.

Das Bombas.

CCCCVII. Temo-nos limitado a indicar o ar em geral, como a causa da elevação da agoa nos corpos da bom-

ba. Porém o modo como a pressão exterior deste fluido se combina com outra acção, que elle exerce no interior e que depende de sua força elastica, he susceptivel de alguns detalhes, tanto mais proprios a interessar, quanto elles tendem a melhor fazer conhecer huma das mais bellas e das mais uteis producções da mecanica.

Todas as bombas podem ser reduzidas a tres especies; a saber, bomba *calcante*, bomba *aspirante*, e a que se chama *calcante e aspirante*, porque ella reune os effeitos das duas primeiras.

CCCCVIII. A bomba calcante tem seu embolo posto inferiormente ao nivel d'agoa. Ella se constroe de duas maneiras: n'uma, a hastea *t* (fig. 39.) do embolo P he situado por baixo, e este he furado verticalmente, cujo orificio superior he armado de huma valvula *s* de charneira. Quando está em descanço, occupa o fundo do corpo da bomba, no interior do qual a agoa se introduz por si mesmo, a través do embolo, do qual ella levanta a valvula, por sua tendencia a nivelar-se. No lugar *mn* deste nivel, o corpo da bomba he guarnecido tambem de huma valvula *o* de charneira, que faz o officio de hum segundo fundo movel debaixo para cima, esta valvula se chama *dormente*. Em quanto o embolo se eleva por meio do movimento communicado á astea, a valvula *s* está fechada, e a agoa de que he carregada, sobe com elle á valvula dormente *s*, que he forçada a abrir-se para dar huma passagem a esta agoa. A mesma valvula cahe depois por seu pezo, e impede que o liquido saia. O embolo vai procurar descendo huma nova carga d'agoa, com que elle torna a subir para a depozitar no mesmo lugar da primeira; de sorte que a agoa póde ser elevada tambem a huma altura arbitraria, com tanto que o motor tenha huma força sufficiente.

CCCCIX. As bombas da segunda construcção differem da precedente, pela posição da astea, que he posta em cima do embolo, e demais, por não ser o embolo furado, e pouzar sobre huma valvula que guarnece o fundo da bomba. Quando o embolo se eleva, a agoa o segue, para se pôr em nivel; quando desce, recalca esta agoa obrigando-a a entrar em hum tubo lateral, onde ella abre huma passagem elevando huma valvula, que cahe quando o embolo chega ao fim de sua carreira.

CCCCX. A bomba aspirante representada (fig. 40), tem seu embolo P elevado acima do nivel *mn* da agoa, em huma altura que deve ser menor que 32 pés. Este embo-

lo he furado e armado de sua valvula *s* por cima: O corpo da bomba tem huma separação formada por outra valvula *s*, a huma certa distancia abaixo do ponto *k*, onde nós suppozemos se terminava o jogo do embolo inferiormente. Quando este está em descanço neste mesmo ponto, o ar interior, comprehendido entre a valvula dormente *s* e o nivel *mn* d'agoa, faz equilibrio por sua força elastica á pressão do ar exterior. Quanto ao ar contido *klzo*, acima da valvula dormente, e cuja força elastica he sensivelmente igual á do ar inferior, seu effeito se limita, por hum momento, a ter esta valvula fechada. Quando depois o embolo sobe, o ar contido no espaço *klzo* se dilata; o que está por baixo da valvula dormente a subleva pelo excesso de sua força elastica, e huma porção deste ar se espalha pelo espaço *klzo*. Ao mesmo tempo a agoa sobe até ao termo em que a força elastica do ar, enfraquecida pela dilatação, junta ao pezo d'agoa que depassou o nivel, faz huma somma igual á pressão da atmosphera. Este termo tendo lugar no momento em que o embolo cessa de subir, a valvula dormente, que se acha entre dois ares igualmente dilatados, se fecha por seu pezo. O embolo, descendo, condensa o volume d'ar contido entre a sua baze e a valvula dormente; e como o volume deste ar excede o volume primitivo em huma quantidade igual á que entrou no espaço *klzo*, he evidente que ha hum ponto em que elle se torna mais denso que em seu primeiro estado; e então subleva, por sua força elastica, a valvula *s* posta acima do embolo, e huma parte se escapa para fóra, até que o resto tenha recuperado sua densidade natural. A' medida que os dois movimentos do embolo se repetem, a agoa, continuando a subir, chega até ao embolo, que abaixando-se, a obriga a passar a través de sua abertura, para a elevar depois comsigo; e assim successivamente, até que ella chegue á altura dezejada.

A construcção desta especie de bomba exige precauções, para obviar hum inconveniente que parece á primeiro vista singular. Vem a ser, que he possivel que a agoa antes de chegar ao embolo, caia de repente, e recuze o subir mais, ainda que o embolo continue seus movimentos. Para conceber essa possibilidade, notemos que o pezo d'agoa, partindo do nivel, vai sempre augmentando á medida que sobe, se bem que a quantidade d'ar que fica entre agoa e a baze do embolo, e cuja elasticidade se solta durante que esta se eleva, vai pelo contrario diminuindo. Resulta que a razão entre as duas forças que reagem

juntamente contra a pressão da atmosphera varía continuamente; e desta maneira póde fazer-se que a somma destas forças se torne, em hum certo termo, capaz de oppor a esta pressão huma maior resistencia que d'antes. Supponhamos, por exemplo, que a agoa chegou a *hr*, e imaginemos que ella ahi seja retida por hum poder qualquer, durante que o embolo se eleva de *kl* para *fg*, que he o limite de seu movimento. Se o espaço *hrgf* que este deixar vazio for tal que a força elastica do ar, depois da dilatação, junta ao pezo d'agoa que excede o nivel, faça equilibrio á pressão da atmosphera, he facil de ver que a agoa não subiria mais, no cazo mesmo em que nada a retivesse; pois que a condição requizita para o equilibrio he prehenchida só pela dilatação do ar.

Logo se a bomba for construida de tal fórma que haja hum ponto em que a hypoteze, que viemos de fazer, possa ser realizada, a agoa ficará estacionaria neste ponto. Para que a hypothese nunca seja admissivel, e a bomba preste seu serviço em todos os cazos, he precizo que haja entre o jogo do embolo e sua maior altura acima do nivel, huma certa razão que se determina facilmente por via do calculo. (1)

CCCCXI. A agoa se eleva na bomba aspirante e calcante, como na que se chama simplesmente *aspirante*. Mas esta tem o embolo sem furo, e quando a agoa chega até á sua baze, elle recalca esta agoa abaixando-se, e a fórça a passar para hum tubo lateral, como tem lugar na segunda bomba calcante, de que fallámos.

Esta bomba não differe da precedente senão em que a agoa, em lugar de passar atravez do embolo durante que elle desce, he empurrada para hum tubo particular; de sorte que se tem considerado este effeito do embolo como tendo alguma couza de mais notavel, e que parece caracterizar mais a acção de calcar.

Do Siphão.

CCCCXII. He ainda á pressão do ar que são devidos

---

(1) A regra a que conduz o calculo, he que o quadrado da ametade da maior altura do embolo acima do nivel d'agoa, ou da distancia entre *fg* e *mn*, deve ser mais pequeno que trinta e duas vezes o jogo do embolo, que he medido pela distancia entre *fg* e *kl*.

os effeitos do Siphão, que serve a atravessar os licores. Chama-se assim hum tubo de vidro recurvado, huma astea do qual he mais longa que a outra. Coloca-se este instrumento de modo que a parte recurvada volte sua convexidade para cima. Prolonga-se a astea mais curta no vazo que contém o licor; applica-se a boca ao orificio da astea mais comprida, e suxa-se o licor, isto he, incha-se o peito, de maneira que produza huma dilatação no ar que occupa o interior do siphão; o licor se introduz no mesmo instante neste, pela pressão do ar exterior. Logo que o siphão estiver cheio, tira-se a boca, até que o vazo fique vazio.

Facilmente se concebe a razão deste effeito; considerando que o ar que corresponde ao orificio da astea mais comprida, obriga debaixo para cima, segundo a lei de todos os fluidos, a columna d'agoa contida nesta astea, em quanto o ar, que assenta sobre a superficie do liquido contido no vazo, obra por intermedio deste liquido para comprimir no mesmo sentido a columna que occupa a astea mais curta; e he claro que não ha precizão de suster mais que a parte desta columna, que se eleve acima do nivel. Ora a differença entre esta mesma parte da columna contida na astea a mais longa, dá a esta hum excesso de pezo que não he, proximamente, balançado pelo excesso do comprimento da columna d'ar que corresponde ao orificio da mesma astea, e desta fórma toda a parte do licor, que não he sustida pelo ar, cahirá; e como ella he successivamente substituida pela que vem do vazo, a corrente não acabará senão com o mesmo licor.

CCCCXIII. Conhecem-se ha muito tempo immensos factos que se attribuião ao horror da natureza para o vacuo, e cuja explicação se offerece como por si mesmo, depois dos detalhes em que entrámos a respeito do pezo e elasticidade do ar. Quando se quer tirar o embolo de huma siringa cuja abertura está tapada, experimenta-se huma grande resistencia, como se elle estivesse prezo ao fundo por hum certo poder, se bem que o pezo do ar que, carregando sua baze superior, o empede a subir. Pela mesma razão com difficuldade se separão as almofadas de hum fóle, tendo-se-lhes tapado os ouvidos e o tubo. Quando se põe entre os beiços hum tubo cuja parte inferior está prolongada n'agoa, e que se aspira o ar interior para determinar o ascenço do liquido, o chupamento parece ser huma força que obra por attracção, se bem que não se faz outra couza mais que fazer preponderante a acção do ar

exterior para fazer subir a agoa no tubo. Poder-se-hião citar muitos outros effeitos do mesmo genero, cujas apparencias são como laços armados á imaginação.

Da Medida das Alturas pelo Barometro.

Depois de ter mostrado quanto a descoberta da pressão que o ar exerce na superficie dos outros corpos tem contribuido para aperfeiçoar a theoria deste fluido, restanos fazer conhecer huma applicação desta descoberta, que tem duplicado as vantagens do barometro.

A experiencia de Torricelli tinha dado o barometro á Physica, para as observações diarias relativas ao estado do ar. A experiencia de Pascal faz nascer a idéa de o substituir, em certas circunstancias, aos meios geometricos para a medida das alturas.

CCCCXIV. O methodo mais simples de applicar o barometro a este uzo, he fundado em huma observação que não póde ser olhada senão como o principio de huma descoberta. Consiste em suppor que em geral huma linha de diminuição na columna de mercurio, corresponde a huma differença de doze toezas e meia em altura vertical. Este resultado, traduzido na lingoagem das novas medidas, dá 108 decimetros de elevação para cada millimetro de que o mercurio se abaixa. Porém deixou-se ha muito tempo de empregar este methodo, neccessariamente muito imperfeito, mesmo com a correcção que se lhe tentou fazer, ajuntando ao resultado huma quantidade proporcional ao abatimento do mercurio.

Principio fundamental da Operação.

CCCCXV. A lei segundo a qual diminuem as densidades do ar, fornece outro methodo que he muito mais exacto, e que se applica a todas as alturas a que nós podemos chegar. Partindo do principio dado pela observação, que o ar se comprime em razão do pezo de que está carregado, prova-se que quando as alturas estão em progressão arithmetica, as densidades correspondentes estão em progressão geometrica: e he vizivel que estas densidades, de sua parte, estão em razão com os abatimentos do mercurio no tubo do barometro.

CCCCXVI. Póde-se demonstrar de huma maneira muito simples esta relação entre as alturas e as densidades do ar que lhe correspondem. Seja *abzs* (fig. 41.) huma porção d'ar tomada desde a superficie *ab* da terra até ao limite

sz da atmosphera. Dividamos esta porção em muitas outras porções de huma espessura infinitamente pequena, por paralellas *dc*, *ef*, *gh*, &c, á linha *ab*, cujas distancias respectivas, *ad*, *eg*, &c, sejão iguaes entre si; he evidente que as densidades destas differentes porções hirão diminuindo desde a linha *ab*, e que de mais ellas serão successivamente como os pezos da quantidade d'ar situados acima de cada huma dellas, de sorte, por exemplo, que a densidade da porção *abcd*, estará para a da seguinte *dcfe*, como o pezo do ar contido em *dcxs*, está para o do ar contido em *efxs*.

Concebamos agora huma curva *bpxs* traçada de tal modo que se o ar contido em cada espaço *abcd*, *dcfe*, &c, fosse reduzido a não occupar senão o espaço correspondente *abnd*, *dnoe*, &c, tomado no interior da curva, o fluido se acha distribuido uniformemente no espaço total terminado por esta curva. Concebe-se como esta hypothese póde ter lugar, pois que as densidades primitivas do ar e os espaços *abnd*, *dnoe*, situados no interior da curva, estando de huma e outra parte em progressão decrescente, pódese escolher huma curva de tal natureza, que as porções do ar que passarem dos espaços *bnc*, *ncfo*, &c, para os espaços vizinhos *abnd*, *dnoe*, fação crescer as densidades do ar que occupava então estes espaços, de modo que suas differenças se tornem nullas.

Isto posto, he vizivel que os espaços *abnd*, *ndoe*, &c, sendo tanto mais pequenos quanto as densidades primitivas são mais pequenas, sua razão será a mesma que a destas densidades; demais, os espaços *dns*, *eos*, &c. situados acima dos primeiros, estaráõ entre si successivamente com o pezo das quantidades d'ar que comprimem o que contém os espaços *abnd*, *dnoe*, &c. E porque o ar se condensa na razão do pezo de que está carregado, resulta que os aspaços *dns*, *eos*, &c. serão tambem proporcionaes aos espaços *abnd*, *dnoe*, &c. Mas estes são as differenças entre os primeiros, e está demonstrado que quando quantidades estão entre si como suas differenças, estão em progressão geometrica (1); logo os espaços *abnd*, *dnoe*, *eopg*,

---

(1) Seja $abs = a$, $dns = b$, $eos = c$, $gps = d$, &c, teremos, pela hypothese, $b : a - b :: c : b - c :: d : c - d$, &c. Logo $ac - bc = b^2 - bc$, e $bd - cd = c^2 - cd$, donde se tira $ac = b^2$ e $bd = c^2$ Logo $a : b :: b : c$, e $b : c :: c : d$, isto

&c, ou, o que he o mesmo as densidades do ar que correspondem ás alturas *d*, *ae*, *ag*, &c, seguem a lei de huma progressão geometrica; e porque estas alturas estão evidentemente em progressão arithmetica, por cauza da igualdade das distancias *ad*, *de*, *eg*, &c, concluiremos que quando as alturas formão huma progressão arithmetica, as densidades correspondentes do ar estão em progressão geometrica.

Ora as elevações do mercurio no barometro são proporcionaes ás densidades do ar, que correspondem ás differentes alturas em que estas elevações tem lugar. Logo, se de huma parte se exprime estas densidades pelos numeros de linhas que as medem, partindo da linha do nivel, e se d'outra parte se reprezenta em toezas as alturas a que correspondem as elevações do mercurio, poder-se-hão considerar os numeros de toezas como logarithmos dos numeros das linhas.

Supponhamos por hum instante, que se tenha huma taboa construida segundo este systema de logarithmos; ex-aqui como se chegaria a medir a altura de huma montanha. Tomar-se-hião os dois numeros de linhas que marcão o barometro no ponto o mais baixo e no ponto o mais alto; procurar-se-hia na columna dos logarithmos os numeros de toezas correspondentes, e a differença entre estes dois numeros darião a distancia vertical entre as duas estações, ou a altura procurada.

Methodo de Deluc.

CCCCXVII. Tem sido facil aos physicos sentir que se podia dispensar a construcção da sobredita taboa, e fazer servir os logarithmos ordinarios á determinação das alturas pelo barometro. Para se obter isto, não se trata mais do que ter hum factor constante, cujo valor seja tal que seu producto, pelos logarithmos das nossas taboas, dem medidas conformes á observação. As primeiras determinações deste genero erão fundadas sobre a mesma observação, isto he, que depois de se ter escolhido entre os resultados de diversas operações trignometricas aquellas que pare-

---

he que as quantidades *a*, *b*, *c*, *d*, &c, estão em progressão geometrica; donde se segue que as differenças *a-b*, *b-c*, *c-d*, formão tambem huma progressão geometrica.

cerem merecer mais confiança, procurar-se-hia o valor do factor que devia entrar no calculo relativo ás indicações do barometro, para que os resultados deste calculo concordem com aquelle de que a trigonometria tinha fornecido os dados. Deluc, seguindo esta marcha, foi conduzido a huma determinação de huma simplicidade mui feliz, porque ella não deixa quazi nada a fazer, para reduzir aos numeros que este sabio olha como verdadeiros, os que dão as taboas ordinarias; consiste em que os logarithmos destas taboas, tomados com sete decimaes, não tem precizão mais do que serem multiplicados por 10000, para reprezentar em toezas os verdadeiros logarithmos dos numeros das linhas que medem as observações correspondentes do barometro. Assim, depois de se ter tomado a differença entre os dois logarithmos tabulares dos numeros das linhas de que se trata, mudar-se-ha quatro cazas, para a direita, a virgula que segue a carecteristica, e ter-se-ha a distancia vertical entre as duas estações, exprimida em toezas e em partes decimas de toezas.

CCCCXVIII. Porém este resultado e todos os outros do mesmo genero, exige muitas correções, duas das quaes sobre tudo attrahirão a attenção dos physicos. Sabe-se que a temperatura varía nos differentes pontos de huma mesma columna d'ar, de modo que em geral as camadas superiores são mais frias que as inferiores. Ora as densidades do ar, que correspondem a alturas verticaes em progressão arithmetica, não se julgão estar exactamente em progressão geometrica, senão quando a temperatura do ar he uniforme, donde se vê que no cazo ordinario em que ella varia, he precizo corrigir as alturas do barometro. Porém d'outra parte a desigualdade de temperatura influe immediatamente, por hum effeito thermometrico, na mesma columna de mercurio contido no barometro, e nelle produz hum augmento ou huma diminnição do comprimento, que he estranho ás indicações deste instrumento, o que exige huma nova correcção.

CCCCXIX. Imaginarão-se differentes meios para fazer dezaparecer estas anomalias. Procedendo pelo methodo de Deluc, supprime-se então o effeito que tem por cauza á influencia immediata da temperatura no barometro, e reduzem-se as indicações deste instrumento, ao que ellas serião no cazo de huma variação devida só á pressão da atmosphera. Procura-se depois o numero de toezas que dá a elevação proposta, partindo das alturas corrigidas do barometro, depois applica-se a este mesmo numero a cor-

recção relativa á acção variavel do calor sobre a columna do ar que fica entre as duas estações.

Para determinar a primeira correcção, Deluc tinha procurado, pela observação, a que gráo de temperatura a altura do barometro não exigeria alguma correcção. Este gráo correspondia ao decimo acima do zero, no thermometro em 80 partes. Deluc tinha tambem deduzido da experiencia, quanto a variação de temperatura alongava ou contrahia a columna do mercurio do barometro, por cada gráo do thermometro. Esta quantidade era de 0, 0 75 lin.; suppondo que o barometro era de 27 polegadas. No cazo de huma altura differente, huma redução dava a quantidade da variação. Era facil depois ajuntar á altura observada o que lhe faltava, ou subtrahir-lhe o que tinha demais, á proporção que a temperatura differia da de 10 gráos que servia de termo fixo.

Pelo que diz respeito á outra correcção, Deluc tinha procurado da mesma fórma em que temperatura não haveria alguma mudança a fazer no numero das toezas dado pelos logarithmos das alturas modificadas depois da primeira correcção. Esta temperatura era de $16^{\circ}\frac{3}{4}$ acima de zero. O mesmo sabio tinha depois supposto, que a temperatura variava, na extenção de huma mesma columna d'ar, de modo que crescia ou diminuia em progressão arithmetica, e resultava de suas experiencias que o ar augmentava ou diminuia $\frac{1}{215}$ de seu volume, por cada gráo do thermometro. Combinando estes dados com as observações da temperatura que tinha lugar nas duas estações, determinava-se o erro, em mais ou em menos, do numero das toezas obtido por via dos logarithmos.

Methodo de Laplace.

Muitos physicos, e em particular M. Trembly, reconhecendo que o methodo de Deluc conduzia, em geral, a alturas mais pequenas, procurou rectifica-lo, modificando os dados que este sabio tinha adoptado para a correcção relativa ao effeito da temperatura na columna do barometro. Mas todas estas formulas, acomodadas aos resultados de certas observações particulares, tinhão huma exac-

tidão, de certo modo, condicional, e não se approximavão da verdade senão em certas circunstancias analogas ás que tinhão concorrido com as observações de que se trata.

CCCCXX. O Celebre Laplace propoz hum methodo cujo plano foi inteiramente traçado pela mesma theoria. O coeffeciente constante pelo qual se deve multiplicar o numero que dão os logarithmos tabulares (417), depende aqui da razão entre o pezo de hum volume determinado de mercurio, e o de hum volume igual d'ar, na temperatura do gelo fundente, e na altura media do barometrô ao nivel do mar, o qual he quazi de 76 centimetros (28 polegadas). Os outros dados do problema, exhauridos nas leis a que estão submettidos o ar atmospherico e o calorico determinado neste ar, se combinão com o coeffeciente de modo que dirige o problema a hum cazo particular que apprezenta a pozição em que se acha o observador.

Determinação do Coefficiente constante.

Na epoca em que este methodo apareceo, não havião ainda experiencias assás exactas sobre a densidade do mercurio e do ar comparadas entre si, e o coefficiente que se tinha deduzido de algumas dava medidas que erão sempre inferiores ás verdadeiras.

CCCCXXI. Esperando novas experiencias que fossem directas e totalmente concluentes, M. de Laplace convidou o sabio naturalista Ramond para fazer observações barometricas, cuja exactidão não offerecesse duvida, para se obter hum coefficiente que se julgasse não differir senão pela sua origem do que daria a razão entre os pezos especificos do ar e do mercurio. Ramond achou que sobre a 45ª paralella da divizão nonagecimal, este coefficiente era igual a 18336 metros.

CCCCXXII. Entretanto, ainda que tudo concorresse a fazer olhar este mesmo coefficiente como sufficiente para a pratica, a theoria não estava sàtisfeita, e era a dezejar que a Physica, por huma operação immediata, o reproduzisse com hum caracter proporcionado aos outros dados incluidos na formula. Hum trabalho importante, emprehendido mais proximamente por M. M. Biot e Arrago, sobre os poderes refractivos dos differentes corpos, conduzio estes dois sabios a occuparem-se d'outra propriedade que influe sobre a refracção, a saber, a densidade, e resultou de suas investigações huma determinação de pezos

especificos do ar e do mercurio, tomada com todas as attenções capazes de a fazer definitiva. Esta determinação dá $\frac{1}{10475,68}$ por razão entre a densidade do ar e a do mercurio, na temperatura do gelo a fundir-se, estando o ar submettido a huma pressão de 76 centimetros. Ora o coefficiente que se concluio desta razão he igual a 18332 metros, de sorte que o primeiro não differe mais que em quatro unidades, conformidade não menos attendivel que satisfatoria entre dois resultados, dos quaes hum exigia huma critica segura, para discernir no meio das modificações variaveis da atmosphera, circunstancias proprias a offerecelo, em toda a sua pureza, e a outra huma maneira de operar igualmente delicada e preciza, para o separar de todas as cauzas d'anomalias que se misturão neste genero de experiencias.

Correcções relativas á Temperatura.

CCCCXXIII. A hypothese de huma temperatura uniforme igual a zero, exige aqui da mesma sorte duas correcções, para ser conduzida de novo ás indicações dadas pelo thermometro, durante a mesma operação. A primeira faz-se sobre o coefficiente constante. Para melhor conceber em que ella consiste, supponhamos que a temperatura na situação mais baixa seja, por exemplo, de 16° acima de zero do thermometro centigrado, e que na estação a mais alta, ella seja de 4° acima do mesmo limite. Julgando-se que o calor decresce em progressão arithmetica, á medida que a temperatura se abaixa, indo de huma para outra camada, seu effeito sobre o ar comprehendido entre as duas estações será tal, que as differenças entre as densidades actuaes das diversas camadas deste ar, tomadas debaixo para cima, e as que terião lugar em virtude só das pressões, sigão huma progressão geometrica.

Poder-se-há logo considerar a operação como sendo feita por huma temperatura uniforme de 10°, que, sendo a semisomma das temperaturas extremas, dá o termo medio da progressão. Assim o effeito será o mesmo como se a temperatura, tendo sido desde o primeiro instante zero, se elevasse subitamente 10° em toda a massa d'ar contida entre as duas estações. Ora, nesta hypothese a dilatação do ar teria feito subir as differentes camadas deste fluido

acima do nivel; donde se segue que a porção da columna atmosphérica comprehendida entre as duas estações se tornaria menos densa. Agora he facil ver que he a acção desta porção de columna que determina a differença entre a pressão exercida pelo ar sobre o mercurio, na estação mais alta, e a que tem lugar na estação mais baixa, de sorte que quando esta acção se acha diminuida, como no cazo prezente, em consequencia de ter o ar perdido da sua densidade, a quantidade que o barometro desceo, ainda que se elevasse á estação mais alta, he menor do que se o ar fosse mais denso. Este instrumento indica logo huma elevação mui pequena, e o calculo feito sem alguma correcção, daria hum resultado mui pequeno. Faltaria pois, para compensar o erro, augmentar o coefficiente constante de huma certa quantidade que se trata de determinar.

Ora tem-se observado que na temperatura do gelo a fundir-se o ar se dilata quazi $\frac{1}{250}$ de seu volume, por cada gráo do thermometro centigrado. Logo, a quantidade que será precizo augmentar o coefficiente constante he igual ao producto deste coefficiente por $\frac{1}{250}$, e pelo numero de gráos que dá a temperatura media. Porém esta sendo a semisomma das temperaturas observadas nas duas estações, vê-se que a operação se reduz a multiplicar a somma inteira por 36 met., 672, que he o producto do coefficiente 18336 met. por $\frac{1}{2,250}$ ou por $\frac{1}{500}$ (1).

CCCCXXIV. A segunda correcção depende do effeito

---

(1) O effeito total que determina a correcção sendo a somma dos termos da progressão, relativamente ás quantidades de que as densidades do ar são alteradas pelo calor, tem-se esta somma tomando o meio termo, que he o producto da temperatura media pela razão $\frac{1}{250}$ da dilatação por hum gráo, e multiplicando-o pelo coefficiente constante, que reprezenta o numero dos termos.

thermometrico do calor relativamente ao mercurio do barometro; a respeito do que observaremos que a temperatura deste metal liquido differe ordinariamente da do ar ambiente. He por isto que os physicos que querem fazer exactos os seus resultados, determinão a temperatura de que se trata, por meio de hum thermometro de tal fórma adaptado á armação do barometro, que o calor e o frio possão influir da mesma maneira em hum e outro instrumento. Ramond designa este thermometro debaixo do nome de *Thermometro do barometro*, e chama *Thermometro livre*, o que he destinado a indicar a temperatura do ar.

Agora sabe-se que o mercurio se dilata $\frac{1}{5412}$, por cada gráo do thermometro centigrado. Resulta que, partindo-se da temperatura que tinha lugar na estação mais fria, o effeito thermometrico de que se trata será medido pela $\frac{a}{5412}$ parte do comprimento que tinha a columna de mercurio na mesma estação, tomada tantas vezes quantos são os gráos que houver de differença entre as duas temperaturas indicadas pelo thermometro do barometro. Ajuntando o producto ao numero de centimetros que dava o barometro na estação mais fria, conduzir-se há a operação ao que ella seria, se a columna de mercurio tivesse conservado constantemente sua densidade, partindo da estação mais quente.

Applicação a hum cazo particular.

CCCCXXV. Logo fallaremos d'outra variação que he devida ao pezo, e que he necessario meter em linha de conta, querendo-se chegar a hum alto gráo de exactidão. Mas como o methodo que nós viemos de desenvolver basta para os uzos ordinarios, applica-lo-hemos a huma medida particular, depois de huma operação executada por Ramond sobre o pico do meio dia de Bigorre.

O barometro posto em cima do pico marcava 53 cent., 723; o thermometro do barometro estava a 9°, 75, e o thermometro livre a 4°. Ao mesmo tempo o barometro posto em Tarbes, onde M. Dango fazia observações correspondentes marcava 73 cent., 5581; o thermometro do barometro estava a 18°, 625, e o thermometro livre a 19°, 125.

Para haver a quantidade de que o coefficiente devia ser augmentado, multiplicar-se-hà a somma 23, 125 das duas temperaturas 4 e 19,125, por 36 met., 672, e ajuntar-se-lhe-há o producto 848,04 ao coefficiente constante, o que dá por coefficiente, na circunstancia actual, 19184,04.

Para se corrigir depois a altura do barometro, na estação a mais fria, ou a do pico do meio dia, segundo a variação da temperatura, tomar-se-ha a differença 8,875, entre as duas temperaturas indicadas pelos thermometros juntos aos barometros, multiplicar-se-ha pela altura 53 cent., 7203 do barometro, na estação mais fria, e devirdir se-há o producto por 5412, o que dará o 0881 cent. para ajuntar a 53 cent., 7203. Assim a altura corrigida será 53 cent., 8084 (1).

Agora a differença entre os logarithmos 1,8666305 de 73,5581 e o logarithmo 1,7308500 de 53,8084 he o 1357805, que multiplicada pelo coefficiente corrigido 19184,04, dá pela distancia vertical entre as duas estações, 2604 met., 819 (2).

Correcções relativas á Gravidade.

CCCCXXVI. Sabe-se que a acção da gravidade sobre os corpos postos na superficie da terra, diminue á medi-

---

(1). Nós damos aqui estes calculos em numeros ordinarios; porém sabe-se quanto o uzo das taboas dos logarithmos abrevia as operações deste genero.

(2) Seja h a altura do barometro na estação mais baixa, h^1 a que sendo relativa á estação mais elevada, que se suppõe ao mesmo tempo a mais fria, foi corrigida do effeito da temperatura, T a altura do thermometro livre, na estação a mais quente, t a que tem lugar na estação a mais fria, T^1 e t^1 as alturas que correspondem ás precedentes no thermometro do barometro, e r a differença de elevação entre as duas estações; todas estas quantidades sendo exprimidas em metros e em fracções do metro, a regra de que viemos de fazer applicação, será reprezenta-

da que se approxima do equador, ou, o que he o mesmo, á medida que a latitude he mais pequena; e de mais, ella diminue á medida que o nivel do mar, que he o termo a que se reporta a operação, se eleva a regiões superiores.

CCCCXXVII. Para corrigir a variação que tem lugar no sentido da latitude, parte-se da parallela media, á qual se julga corresponder o coefficiente constante 18336 met., como dissemos; e segundo que a operação se faz de cá ou de lá deste grão medio, ajunta-se á altura devida, ou subtrahe-se, o producto desta altura pelas 2845 millionesimas do coseno do dobro da latitude, tendo o raio a unidade por expressão. Assim o pico do meio dia estando situado nos 43 graos o coseno de que se trata he o de 86°; e tomando-se a 2845 millionessimas, e multiplicando-se o resultado pela altura deduzida 2604 met., 819, achar-se-ha o 0 met., 517, que he precizo ajuntar a està altura, o que dá 2605 met., 336.

CCCCXXVIII. Em fim, para attendermos á diminuição da gravidade em sentido vertical, ajuntar-se-ha á altura já corrigida do effeito da latitude, o producto do coefficiente corrigido, pela differença dos logarithmos que correspondem ás duas alturas do barometro, augmentado do numero 0, 868589 dividido pelo numero 6366198, que reprezenta, em metros, o raio do globo terrestre. No exemplo que escolhemos, a differença dos logarithmos he 0, 1357805, cujo numero junto a 0,868589 dá, 1,0043695; o coefficiente corrigido he 19184,04, e a altura corrigida do effeito de latitude he 2605 met., 336; assim o valor da quantidade procurada sera $\frac{1,0043695 \times 19184,04}{6366198} \times 2605$ met.

---

da por esta formula, $r = 18336 \left(1 + \frac{2(T+t)}{1000}\right) \text{Log.} \left(\frac{h}{h'\left(1 + \frac{T'-t'}{5412}\right)}\right)$

met. met.
336, ou 7 , 885, que sendo juntos a 2605,336 dão 2613 ,
221, pela altura do pico do meio dia. (1) Ora a mesma altura, determinada por Ramond, por via de hum nivela-
met.
mento feito com hum extremo cuidado; he de 2613 , 137,
e desta sorte a medida barometrica não differe hum decimetro de mais, da que deu a operação geodesica. Desprezando as correcções relativas á gravidade; conse-
met.
guimos o resultado, 2604 , 819, mais pequeno quazi 8 metros que o verdadeiro.

CCCCXXIX. Não devemos omittir huma condição necessaria para approximar o resultado o mais que for possivel da exactidão, he de operar no meio de hum ar izento d'agitação, porque as correntes deste fluido, segundo que sua obliquidade tem lugar debaixo para cima, ou em sentido contrario, diminuem ou augmentão a pressão que a atmosphera exerce sobre o mercurio do barometro: resulta que a columna deste liquido padece humas vezes hum excesso d'abatimento que dá alturas mui grandes, outras vezes huma diminuição d'abatimento que dá alturas mui pequenas. Ramond olha, por esta razão, a hora do meio dia, como sendo, em geral, o instante mais favoravel para as observações barometricas, porque he ordinariamente

---

(1) M. de Laplace deu no quarto volume de sua Mecanica Celeste, pag 293, a formula seguinte, que representa todas as operações deste genero. Seja r a differença d'elevação entre as duas estações, Ψ a latitude do lugar, t e t' as temperaturas indicadas pelos dois thermometros livres, h a altura do barometro na estação a mais quente, h' sua altura na estação a mais fria, corrigida do effeito da temperatura, e a o raio do globo terrestre, ter-
mt.
se-ha $r = 18336 \left(1 + 0{,}002845 . \text{Cos. } 2\Psi\right)\left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right)$

$\left(\left(1 + \frac{r}{a}\right) \text{Log.} \frac{h}{h'} + \frac{r}{a} \cdot 0{,}868589\right)$. M. de Laplace advertio que para applicar esta formula, bastava substituir a r no segundo membro da equação, seu valor dado pela suppozição de $r = \rho$, no primeiro membro.

ao meio dia que o equilibrio da atmosphera, alterado pelos ventos da manhã, se acha restabelecido. (1)

Utilidade das Observações Barometricas para a Geographia – Physica.

CCCCXXX. O sabio author do methodo que viemos de expor concebeo a idéa feliz de fazer concorrer as observações do barometro com as medidas geograficas, para determinar, de hum modo mais fixo, a pozição dos differentes lugares. Esta pozição, como a offerecem as medidas de que viemos de fallar, depende da intercepção de duas coordenadas perpendiculares entre si, das quaes huma he a distancia ao primeiro meridiano, ou a longitude, e a outra he a distancia ao equador, ou a latitude. Suppor-se-hia huma terceira coordenada perpendicular ás duas precedentes, que medirião a distancia vertical entre o mesmo ponto de intercepção e o nivel do mar. Tomar-se-hia, para a França este nivel em Brest, onde a altura media do barometro he quazi de 76 centimetros. Far-se-hião em cada lugar hum grande numero de observações barometricas, durante hum ou dois annos, e a media entre estas observações daria a elevação do lugar proposto acima do nivel do mar. Poder-se-hia escolher, em cada paiz, por nivel a que se reportassem as observações, a altura do rio mais vizinho. Hum igual trabalho, executado por observadores exercitados, e com barometros bem construidos, offereceria resultados interessantes à geographia dos diversos paizes.

2. *Das differentes modificações de que a Atmophera he susceptivel.*

A atmosphera mesmo quando está bem transparente, e nos mostra sua concavidade, com o aspecto de huma abobeda córada de azul, he hum vasto reservatorio d'agoas rarefeitas, que a força do calorico tem como prezas nos

---

(1) Veja-se huma Memoria mui interessante deste celebre naturalista, sobre o objecto de que se trata, no sexto volume das Memorias do Instituto, p. 435 e seguinte. Onde se achão tambem methodos para accelerar, e simplificar os calculos, sem se apartar sensivelmente da exactidão.

poros do ar. As moleculas destas agoas que por sua extrema tenuidade nos são invisiveis, não precizão senão de circunstancias mais ou menos proximas para se reunirem e tornarem-se viziveis, seja que ellas conservem huma ligeireza em consequencia da qual fiquem suspensas no meio do ar, seja que ellas adquirão bastante densidade para que por sua gravidade caião em terra. A estas mudanças a que está sujeito o estado do ar, pela separação das moleculas aquozas que occultava em seus intersticios, se attribuem aquellas que lhe occazionaõ agitações provenientes da raptura de seu equilibrio. Daqui provém as differentes modeficações, que se renovão todos os annos na atmosphera, pelo curso das estações, huma scena igualmente diversificada pela successão dos phenomenos que nascem em hum e mesmo lugar, e pelos constrastes que apprezentão aquelles que se manifestão outras vezes em differentes lugares. He da consideração destes phenomenos que nos vamos occupar: porém porque não temos ainda luzes bastantes a respeito da verdadeira theoria, nós nos limitaremos só a descreve-los, sem que emprehendamos dar-lhe huma explicação prematura.

Dos Ventos.

CCCCXXXI. As mudanças que entrevem ao pezo especifico e à elasticidade do ar, por cauzas que obrão desigualmente em differentes partes, dão principio aos ventos, dislocando huma porção deste fluido, e communicando-lhe hum movimento progressivo. Designarão-se os ventos com muita razão chamando-os *correntes d'ar.*

CCCCXXXII. A intensidade da força do vento varía entre limites mui distantes, desde a agitação ligeira que produz o zephiro, até ao movimento impetuozo de que resultão as tempestades. M. Kraaf, que fez, em Petersburg, observações sobre a velocidade do vento, diz têlla achado huma vez de 109 pés $(35\frac{\text{met.}}{\text{,}}4,)$, e outra vez de 129 pés $(39\frac{\text{met.}}{\text{,}})$ por segundo. (1)

(1) Encyclopédie Method., Marine, t. III, Deuxiéme Partie, p. 813.

Diversidade dos Ventos.

CCCCXXXIII. Os ventos seguem immensas direcções differentes, humas obliquas, outras parallelas ao horizonte. Porém no juizo ordinario a respeito da direcção do vento, limita-se a considerar o ponto do horizonte donde se julga partir, para chegar ao observador que se julga como estando acima do centro do circulo; e suppondo-se a circunferencia do mesmo circulo dividido em 32 partes iguaes por dezaseis diametros, o que dá, partindo da circunferencia para o centro, 32 direcções que se chamarão *ares* ou *rumos* dos ventos, e cuja reuniao fórma o que se chama *roza dos ventos*. Veja-se a figura 42.

Hum dos dos diametros que coincide com o meridiano do lugar aonde se acha o observador, indica o Norte por huma de suas extremidades, e o Sul pela extremidade opposta. O diametro que corta o precedente em angulo recto, indica o Leste de hum lado, e o Oeste do outro. Estes quatro pontos são chamados pontos *cardinaes*. Os nomes dos pontos intermediarios entre os pontos cardinaes, participão dos destes mesmos pontos, combinados dois a dois, tres a tres, sem addição, ou tres a tres, como interpozição da fracção $\frac{1}{4}$, á medida que os pontos correspondentes subdividem, em partes sempre mais pequenas, o espaço comprehendido entre dois pontos cardinaes vizinhos. Esta nomenclatura he fundada nos principios seguintes: 1. nas combinações binarias, como Nod-Este, Sud-Oeste, &c., o nome do Norte ou do Sul tem sempre o primeiro lugar. 2. Cada combinação ternaria, sem addição, tal como Nord-Nord-Este, Les-Nord-Este; &c., he dado pelo nome do ponto cardinal o mais vizinho, seguido da combinação binaria a mais vizinha. 3. Pelo que diz respeito ás combinações ternarias com addicção $\frac{1}{4}$ ha huma distincção a fazer. Se o ponto a que corresponde a combinação he vizinho de hum ponto cardinal, a combinação se fórma do nome deste ponto, e depois da fracção $\frac{1}{4}$, á qual se junta o nome da combinação binaria a mais vizinha. Assim, Norte quarta ao Nord-Este, significa que o

ponto indicado por esta combinação he vizinho do Norte, e que sua distancia a este mesmo ponto he a quarta daquelle que o separa do Nord-Est. Se pelo contrario o ponto a que pertence a combinação está vizinho do outro ponto que corresponde a huma combinação binaria, o que he o cazo do ponto Nord-Este quarta do Norte, a combinação se fórma do nome desta mesma combinação binaria, e da fracção $\frac{1}{4}$, com o nome do ponto cardinal o mais vizinho; donde se vê que este modo de combinar he o inverso do precedente. Entre as direcções variaveis ao infinito dos differentes ventos, escolherão-se os trinta e dois de que viemos de fallar, como especies de limites a que se reportão todos os outros.

CCCCXXXIV. Os ventos considerados relativamente á sua duração, a seus giros, e outras circunstancias semelhantes, se dividem em ventos geraes, ventos periodicos, e ventos irregulares.

Os ventos geraes, ou aquelles cuja acção he continua e seguem huma direcção constante, reinão entre os dois tropicos, e raras vezes além.

Os ventos periodicos, que se chamão tambem *ventos regulados* e de *monção*, soprão constantemente por muitos mezes, e são ordinariamente seguidos de ventos contrarios de huma igual duração.

Os ventos irregulares são os que soprão de differentes lugares em hum mesmo paiz, sem se observar alguma epoca nem duração determinada: estes são os mais ordinarios nos climas temperados. Acontece mui commumente que dois ou tres destes ventos soprem ao mesmo tempo, hum por cima do outro em direcções differentes (1); e algumas vezes se experimenta hum vento violento sobre huma montanha, no pé da qual o ar está tranquillo, ou he o cazo contrario que tem lugar. (2)

Explicação do Vento de Leste.

CCCCXXXV. Entre os ventos geraes de que temos fal-

---

(1) Musschenbroeck, Essai de Physique; Leyde, 1751, t. II. p. 879.

(2) Deluc, Recherches sur les Modific. de l'Atmosphére, n.º 730.

lado ha hum que sopra continuamente na zona torrida, e que he conhecido com o nome de vento de Leste. Alguns authores julgarão ter achado a cauza na attracção que o Sol e a Lua exercem na atmosphera; mas he provado que esta attracção não póde produzir no ar senão simples oscillações analogas ás do fluxo e refluxo, e mui ligeiras, em lugar de hum movimento sensivel uniforme em sua direcção.

CCCCXXXVI. A opinião mais commum he que o vento de Leste provém da dilatação do ar rarefeito pela acção do Sol. Mas para melhor fazer conceber a influencia desta acção no phenomeno de que se trata, começaremos por examinar, em geral, o effeito que resulta da agitação produzida pelo calorico em huma massa d'ar que se aquece continuamente, sem ser comprimido. He facil ver que, nesta hypothese a gravidade espicifica do ar de que se trata deve diminuir, em consequencia da dilatação; de sorte que se elle está cercado de hum ar mais frio, se elevará, e será logo substituido por huma porção do ar ambiente; e como nós suppomos que o calor continúa a obrar no mesmo espaço, estabelecer-se-ha huma especie de circulação em virtude da qual hum ar mais denso tomará continuamente o lugar de hum ar mais rarefeito.

CCCCXXXVII. A acção que exerce o calor no ar das cozinhas, nos fornece hum exemplo familiar deste phenomeno. As moleculas deste ar, espalhadas em roda do brazeiro, se tornão respectivamente mais leves pela rarefacção, huma parte se eleva pelo tubo da chaminé, e a outra vai ganhar o alto da caza; ao mesmo tempo hum novo ar chega por baixo, para substituir o ar ascendente, e resulta huma successão não interrompida de duas correntes contrarias; huma superior, que se alonga da chaminé, a outra inferior, que se conduz para ella. As velocidades destas duas correntes diminuem á medida que as camadas do ar se approximão de huma certa altura media em que este fluido he estacionario. Podem-se observar os effeitos desta dobrada corrente, abrindo a porta da caza, e pondo successivamente a chama de huma véla em cima e em baixo da abertura; ver-se-ha a chama inclinar-se para dentro, depois para fóra, e a huma certa altura intermediaria, ella ficará immovel.

CCCCXXXVIII. A successão perpetua destes dous ares, em quanto o calor he entretido, fornecerão o principio sobre que he fundada a explicação a mais natural que se tem dado do vento Leste. O Sol, que nós suppomos no

plano do equador, aquece e rarefaz muito sensivelmente a parte da atmosphera que elle domina. Este ar rarefeito se eleva acima do nivel, e se espalha pelas columnas situadas nos pólos, em quanto hum ar fresco, partindo destas mesmas columnas, afluе para baixo contra o equador, para encher o espaço vazio produzido pela dilatação. Formar-se-hão em cada hemisferio boreal e austral, duas correntes, huma superior, que vai do equador para o pólo, outra inferior que vem do pólo para o equador. As moleculas destas correntes são sollicitadas muitas vezes por duas forças, das quaes huma obra na mesma direcção da corrente, e a outra provém do movimento da rotação da atmosphera, e he claro que a velocidade produzida por este segundo movimento era originariamente tanto mais pequena em cada molecula, quanto a parallela donde esta partio se acha mais distante do equador.

Agora se nós consideramos huma molecula tomada na corrente inferior, cuja direcção tende para o equador, será facil conceber que esta molecula chega a cada huma das parallelas situadas em sua passagem, com huma velocidade angular (1), menor que a do ponto correspondente tomado na superficie da terra. Os objectos terrestres que se apprezentão á passagem da corrente inferior, devem toca-la com o excesso de sua velocidade; o mesmo seria de hum espectador que, julgando-se immovel, e raportando o excesso de sua propria velocidade, em sentido opposto, á corrente que elle encontra, receberá a impressão de hum vento que lhe parecerá vir de Leste, pois que o movimento de rotação he dirigido d'Oeste para Leste.

O contrario acontecerá a respeito da corrente superior que vai para o pólo. Cada huma de suas moleculas, tendo mais velocidade que o ponto da terra acima do qual ella chega, passarão este mesmo ponto indo para Leste, e deve resultar desta superioridade de velocidade hum vento de Leste real, em lugar do que o vento inferior he huma simples apparencia, mas que produz huma illuzão completa.

---

(1) Chama-se tambem a velocidade de hum corpo que se move circularmente a roda de hum ponto. Quando a rotação he uniforme, a velocidade he proporcional o angulo que mede o arco descripto por este corpo em hum tempo dado.

Utilidade dos Ventos.

CCCCXXXIX. Os accidentes que occaziona algumas vezes a violencia dos ventos, são bem compensados pelas vantagens de que nos servem estas correntes d'ar. São ellas, que nas grandes Cidades, fazem succeder hum ar são a hum ar viciado pelas emanações nocivas. Elles transportão as nuvens destinadas a espalhar sobre a terra chuvas que a fertilizão: ellas são os vehiculos de huma immensidade de grãos que, sendo alados ou tendo plumas, voltijão de todos as partes durante o outono, e entretem entre os differentes terrenos huma circulação de riquezas vegetaes.

CCCCXL. A industria humana acha na força dos ventos hum poderozo motor, cuja impulção sobre as velas dos navios dirige estes edificios fluctuantes para os lugares onde a natureza abunda em producções interessantes para o commercio, ou uteis aos progressos da historia natural. Antes da invenção dos nossos moinhos, quantos braços e esforços erão empregados em moer o grão de que tiramos a nossa mais solida nutrição! A acção do vento os supre, exercendo sobre quatro azas que fazem o officio de alavancas, e cujas superficies, inclinadas duas a duas em sentido contrario, recebem, por via desta engenhoza dispozição movimentos que conspirão a determinar a rotação do eixo em que estão fixas as azas. (1)

---

(1) Seja AB (fig. 43) a projecção da superficie anterior do moinho, *mn* a de huma das azas que nós suppomos ter chegado ao mais alto ponto de sua rotação, $m'n'$ a da aza opposta á precedente, e que no mesmo cazo, se acha no ponto mais baixo de sua rotação; seja de mais *fg* a direcção do vento ao qual a superficie AB, cuja pozição se póde fazer variar como se quizer, he sempre prependicular. A força do vento, que obra obliquamente na aza *mn*, segundo *or*, se decompõe em duas outras forças das quaes, huma representada por *os*, e parallela a *mn*, he nulla; e a outra representada por *ot*, e perpendicular a *mn*, empurra a aza da esquerda para a direita, ou no sentido de A para B. Fazendo o mesmo raciocinio em razão da aza inferior $m'n'$, concluir-se-ha que a força $o't'$, que faz a mesma função que *ot*, obra para fazer girar a aza $m'n'$ da direita para a esquerda, ou no sentido de B para A. Ora esta acção

Dos Meteoros aquozos.

CCCCXLI. Chamarão-se meteoros a todos os corpos, que suspensos ou em movimento na atmosphera, nella se tornão os agentes de algum phenomeno. Aqui não se trata senão d'aquelles que devem sua origem á agoa. He principalmente o estudo destes que faz o objecto deste ramo de nossos conhecimentos, que se tem chamado *Meteorologia*, e que se tem estendido á observação dos ventos, cuja existencia tem huma tão grande analogia com a dos meteoros.

Da Atmosphera considerada relativamente á Evaporação.

Nós já expozemos (195) a hypothese que nos parece explicar da maneira a mais plausivel o mecanismo pelo qual a agoa, separando-se de si mesmo, de todos os pontos de sua superficie, se transforma em hum vapor que se espalha pelo ar ambiente, onde ella he conservada pela acção repulsiva que este ar exerce n'ella. Vamos agora a fazer conhecer certas circunstancias particulares, relativas á evaporação, e cuja consideração ajudará a melhor conceber o que dissermos depois dos meteoros aquozos.

CCCCXLII. A evaporação he tanto mais abundante, sendo tudo igual, quanto a agoa, apprezentando-se ao ar

---

concorre com a que se exerce sobre a aza superior, a fim de produzir hum mesmo movimento de rotação; em lugar do que se a aza inferior estivesse disposta sobre o mesmo plano que a superior, os dois movimentos se destruirião. O que nós dizemos aqui das acções relativas á pozição a mais elevada ou a mais baixa das azas, se applica igualmente a todas as outras pozições.

He facil ver que as azas ficarião ainda immoveis, se *mn* e *m'n'* sendo parallelas a AB, recebessem directamente a impulção do vento, ou se, sendo perpendiculares a AB, tivessem a mesma direcção que o vento. Ha pois, entre estes dois limites, huma pozição obliqua debaixo da qual a força do vento he hum *maximum* e o calculo demostra que o *maximum* tem lugar, quando o angulo *orn* que faz a direcção do vento com a superficie da aza, he de $54^{\circ}44'8''$.

com huma maior superficie multiplica mais seus pontos de contacto com este fluido. Lança-se mão, em certos paizes, desta observação, para extrahir mais promptamente o sal marino da agoa que o tem em dissolução. Faz-se então cahir esta agoa sobre tójos, onde ella se devide em huma chuva mui miuda, que, offerecendo ao ar que ella atravessa hum grande numero de pontos de superficie, se evapora em grande parte, de maneira, que a que chega ao fundo se acha mui carregada de sal. Esta agoa he depois levada a grandes caldeiras que se expõe á acção do fogo para se fazer a evaporação.

CCCCXLIII. As particulas situadas á superficie d'agoa sendo as unicas que estão submetidas á evaporação, a quantidade d'esta nos vazos cheios, cujos orificios são desiguaes, he proporcional á grandeza dos seus orificios, com tanto que o calor e as outras circunstancias sejão as mesmas, relativamente a todos os vazos. Musschenbroek achou, he verdade, que em superficies iguaes, a agoa contida em hum vazo mais profundo se evaporava mais promptamente que em hum vazo que tinha menos profundidade. (1) Porém esta differença provinha verdadeiramente de que entre as variações que sofria a temperatura do ar ambiente, as que tendião a fazella abaixar erão as mais frequentes. Resultava que a agoa contida no vazo mais fundo, sendo composta de maior numero de camadas desde o fundo até á superficie, seguião mais lentamente as variações da temperatura, e por isso perdia com menos promptidão o calor que ella tinha huma vez adquirido, e cuja prezença accelerava a evaporação. (2) Assim a differença de que se trata não he sensivel senão no ar livre, e tem-se observado que ella era nulla nos lugares em que a temperatura não experimentava mais que ligeiras variações.

CCCCXLIV. Tem-se notado ha muito tempo, que os ventos sobre tudo quando elles são seccos, favorecem e accelerão a evaporação. Segundo a theoria de Leroi, este effeito proveria em grande parte de que o ar, renovando successivamente seus pontos de contacto com a agoa, obraria neste liquido por sua affinidade sempre renascente. Mas na hypothese muito mais admissivel em que a evaporação he devida á elasticidade do calorico, concebe-se ainda me-

---

(1) Additions aux Mémoires del'Acad. del Cimento, t. II pag. 62.

(2) Novi Commentar. Petrop. t. II. p. 134.

lhor que hum liquido deve evaporar-se por intermedio de hum ar agitado, seja porque este fluido offerece continuamente ao vapor hum accesso livre aos novos intersticios; seja porque o progresso da evaporação he tambem favorecido pela agitação que o movimento do ar excita nas mesmas moleculas do liquido.

Póde-se produzir hum effeito analogo, em hum lugar, por via de huma das experiencias que pertencem á physica de todos os momentos. Basta molhar hum dedo de cada mão, por exemplo o dedo index, e passear depois no mesmo lugar, movendo o braço de hum dos dedos molhados, e conservando o outra na mesma pozição. Logo o liquido desaparecerá da superficie do primeiro, e o segundo ficará ainda humido.

CCCCXLV. A agoa he tambem susceptivel de evaporação, mesmo depois que ella tem passado ao estado de solidez. Este effeito tem lugar de hum modo muito sensivel a respeito da neve; e vê-se, no tempo secco e frio, os gelos que se tinhão formado nos regos feitos pelos carros nas grandes estradas diminuirem pouco a pouco, e acabarem por desaparacer. Mas o gelo se evapóra com mais vagar, á medida que elle he mais frio, e he mui provavel que haja hum termo em que as moleculas situadas na superficie da agoa congelada cessarião de obedecer á tendencia do calorico para as entreter debaixo da fórma do vapor. Quanto ao que observarão Mosschenbroeck e Vallerio a evaporação da agoa augmenta, durante que este liquido se congela, isto não he senão hum effeito instantaneo, devido ao augmento de calor produzido por aquelle que desenvolve o acto mesmo da congelação.

Effeito da prezença do A'r sobre a quantidade de Vapor espalhado em hum espaço dado.

CCCCXLVI. Temos visto que a pressão do ar oppõe á evaporação hum obstaculo que lhe retarda o progresso (195). Alguns physicos tinhão concluido que este obstaculo influia na quantidade do vapor que se desenvolvia na atmosphera, de sorte que se este não existisse, haveria, em igual temperatura, e no termo da saturação, mais vapor espalhado em hum espaço tomado desde a superficie da terra até a huma altura dada. He facil provar, que nesta hypothese, a quantidade de vapor que admittiria o espaço de que se trata seria pelo contrario mais pequena que ella não teria sido no seio da atmosphera.

Para se conceber esta differença, raciocinemos segundo esta mesma hypothese em que não houvesse atmosphera, e imaginemos que as agoas que banhão a terra estando a 15° de Reaumur tenhão fornecido toda a quantidade de vapor que se póde desenvolver nesta temperatura. Se houvesse em alguma parte acima da superficie d'agoa hum vazo no qual a porçao do vapor que se formasse neste lugar se introduzisse de modo que não podesse escapar, a força elastica deste vapor seria capaz de suppor-

mil.

tar huma pressão de 13 , 5 ou 6 linhas de mercurio (263). Segue-se disto que tal seria tambem a força da camada de vapor situada perto da superficie da agoa no espaço livre; e he vizivel que esta força faria equilibrio com a pressão de todas as camadas superiores. Mas succederia aqui do vapor como do ar, isto he que suas differentes camadas sendo menos comprimidas, á medida que ellas se achassem a huma maior elevação, suas densidades em differentes alturas em progressão arithmetica, seguerião a lei de huma progressão geometrica decrescente (415), par-

mil.

tindo do termo que corresponde a 13 , 5.

Ponhamos agora a realidade no lugar desta hypothese, e vejamos o que accontece quando o vapor, á medida que o calorico o entranha comsigo, se introduz no ar atmospherico. Nós sabemos, que neste cazo, a quantidade de vapor que admitte hum espaço dado, he constantemente o mesmo, em igual temperatura, qualquer que seja a densidade do ar que occupa este espaço. Assim na temperatura de 15°, o vapor, tomado em huma altura qualquer, goza de huma força elastica medida por

mil.

13 , 5, ou 6 linhas de mercurio, a qual se accrescenta á elasticidade particular do ar, para fazer equilibrio com a pressão das camadas superiores (273). Logo a quantidade de vapor he muito maior, em igual espaço, quando este vapor estando submettido á influencia da atmosphera, conserva huma densidade uniforme, que não acconteceria no cazo em que, abandonado ás suas proprias forças, tivesse huma densidade que ainda não sendo igual á precedente senão na primeira camada, diminuisse progressivamente em todas as camadas seguintes.

Dos Nevoeiros e das Nuvens.

CCCCXLVII. Em quanto o vapor não passa além daquella quantidade que o ar he susceptivel de admittir entre suas proprias moleculas, em razão de sua actual temperatura, os raios de luz atravessão successivamente não só o ar como o vapor com igual facilidade. Porém ha circunstancias em que o vapor se torna visivel, em consequencia de sua abundancia que excede a capacidade do ar. A producção do fumo nos offerece hum exemplo familiar. Quando o ar em contacto com a agoa que se evapora he sensivelmente mais frio que ella, a quantidade de vapor que se desenvolve a cada instante não se podendo accommodar todo nos intersticios deste ar, aquella porção que sóbra, soffre hum resfriamento que o condensa, e o faz sensivel á vista; e como a approximação que resulta entre as moleculas aquozas he muito consideravel, para que o vapor seja menos denso que o ar, elle se eleva, por sua ligeireza especifica ás camadas superiores deste fluido, aonde achando intersticios livres, nelles se introduz pouco a pouco e acaba por desaparecer. Este effeito tem lugar sobre tudo quando a acção do fogo accelera a evaporação, e chega a seu *maximum*, no momento em que a agoa entra em ebullição.

CCCCXLVIII. Hum phenomeno devido ás mesmas cauzas se manifesta na atmophera, quando estando em huma temperatura mui baixa, relativamente á quantidade de vapor de que está carregada, este se condensa e tende de sua parte para o estado de liquido; e se então seu pezo especifico que se acha augmentado he unicamente ou quazi igual ao do ar, ficará suspenso neste debaixo da fórma de nevoeiro que estende por todos os objectos hum vêo mais ou menos espesso, ou de nuvens que fluctuão em huma certa altura á descripção dos ventos.

CCCCXLIX. O augmento de calor que tem lugar no estio, de dia, ao passo que se sóbe acima do horizonte, faz as mais das vezes desaparecer o nevoeiro que se tinha formado de noite, e o ar adquire sua transparencia. Neste cazo o calorico que se introduz entre as moleculas aquozas, augmentando suas distancias respectivas, as reduz ao estado de vapor propriamente dito, e a elevação de temperatura que o ar de sua parte soffreo dá lugar a que o vapor se introduza nos intersticios deste fluido, sem perder do seu calor. Assim o ar quente por nenhuma acção

directa contribue á conversão da nevoa em vapor invisivel; elle não faz mais que adquirir-lhe huma dispozição mais favoravel á admissão e á conservação do vapor entre suas moleculas.

CCCCL. Observa-se hum effeito quazi-semelhante quando se rarefaz o ar contido debaixo do recepiente de huma maquina pneumatica. O resfriamento que tem lugar no primeiro instante (216), determina a precepitar-se debaixo da fórma de huma nuvem huma parte do vapor que continha o ar, e logo se perde de novo neste ar, recuperando seu primeiro estado, desde que o calorico fornecido pelos corpos ambientes fizerão elevar a temperatura ao mesmo grão.

Do Orvalho e da Chuva.

CCCCLI. Quando a atmosphera depois de estar carregada, durante o dia, de quantidade de vapor que podia nella ser conservado na temperatura dominante, vem a resfriar sensivelmente de noite, deixa precipitar huma parte deste vapor, tal he a origem do orvalho que aparece de manhã na superficie das plantas, com a fórma de pequenas gotinhas brilhantes por cauza dos raios do Sol que nasce, e que depois por seu calor tornão para atmosphera.

CCCCLII. He facil vêr a analogia que muitos factos, cuja observação nos he muito familiar, têm com os precedentes. Todos sabem que no tempo da geada, as vidraças das cazas estão molhadas da parte de dentro. Como o ar de fóra he então mais frio que o de dentro que está em contacto com os vidros, tendo a facilidade de passar a travez de sua pouca espessura, se espalha pelo exterior para satisfazer sua tendencia ao equilibrio. Resulta que as moleculas de vapor contidas no ar vizinho dos vidros se approximão a huma distancia menor que o raio de sua esphera d'actividade, e formão a agoa que se depozita na superficie dos vidros. O contrario accontece no tempo do derretimento do gelo, em que a temperatura exterior he mais alta, o que faz dizer que faz frio nas cazas; a humidade apparece então da parte de fóra dos vidros. Concebe-se tambem porque o halito dos animaes, mais quente de inverno, que o ar em que se espalha, se torna vizivel debaixo da fórma de huma nuvem produzida pela condensação das moleculas aquozas que traz comsigo.

CCCCLIII. A chuva he em geral, o effeito de huma condensação mui forte do vapor espalhado no ar, para que

as moleculas deste vapor se reunião em gottas d'agoa, mesmo no meio da atmosphera, de sorte que não podendo mais rete-las, as abandona á sua propria gravidade. Porém he aqui que os nossos conhecimentos não parecem assás avançados, para nos permittir determinar, de hum modo precizo, as cauzas das differentes modificações que sofre o phenomeno de que se trata. Humas vezes huma continuação de bons dias he interrompida por huma chuva aturada; outras vezes huma nuvem espessa á roda da qual outras nuvens se juntão, vem de repente obscurecer hum ceo claro e sereno; este grupo agitado por hum turbilhão de vento lança, como huma torrente, huma destas chuvas abundantes, ás quaes se deo o nome de *chuveiro*; hum instante depois o Sol torna a aparecer com todo o seu resplendor, e nada mostra o grande phenomeno que acaba de ter lugar, senão a agoa que corre ainda pela terra; não se observão no ceo nem traços de sua aparição recente, nem presagio de sua proxima tornada.

Da Neve e da Saraiva ou Granizo.

CCCCLIV. A neve ou geada provém de huma precipitação semelhante á que produz a chuva, mas em que a agoa he convertida em muitos pequenos globulos que se congelão no meio de hum ar frio, e, reunido-se muitos juntamente durante a queda, chegão á terra debaixo da fórma de huma especie de estrella de seis raios (356), se sua cristalisação se opéra em hum ar tranquillo, ou debaixo da fórma de flosculos irregulares, se a agitação da atmosphera dá lugar a que os cristaes se choquem e reunão em grupos.

CCCCLV. A saraiva differe da neve por muitas circunstancias, das quaes huma das mais notaveis he a epoca mesmo da sua formação, que não tem lugar senão nas estações quentes. Ella provém de huma agoa cujas gottas se congelão por effeito da temperatura mui fria que reina então nas altas regiões da atmosphera. Estes globulos de gelo aprezentão depois ás moleculas aquozas que encontrão no caminho, especies de nós, cujo contacto determina suas moleculas a congelarem-se, e a arranjarem-se por camadas concentricas á roda do nó do qual ellas augmentão o volume. Os grãos da saraiva são raras vezes esphericos; sua fórma apprezenta, de ordinario, cavidades, e partes angulozas. Alguns parecem ser huma reunião de muitos grãos de hum menor volume que se grupão durante sua queda.

Das Trombas.

CCCCLVI. Outro phenomeno que faz admirar, assim elle fosse menos terrivel, he o da tromba. Ella provém de huma nuvem que se offerece o mais das vezes debaixo da fórma de hum cóne as avesas, cuja baze adhere a outras nuvens nas quaes o cóne está suspenso. Quando a tromba he produzida em cima do mar, a agoa que lhe corresponde se eleva formando hum grande cóne cujo eixo está na mesma direcção que o do cóne superior. A agoa que se precipita de todas as partes da tromba, e á qual se junta algumas vezes huma saraiva abundante, he lançada ao longe por ventos impetuozos que se soltão em roda. Os estragos que produz este meteoro são terriveis. Elle arranca as arvores mais fortes, e as lança mui distantes do lugar em que ellas crescião. Se passa por cima de huma cidade, derruba os tectos, as chaminés, e força algumas vezes os varões de ferro que sustentão as grimpas. Os marinheiros, quando percebem huma tromba, fazem todos os esforços para se alongarem, temendo que, se ella viesse a cahir na sua embarcação, não a submergisse no mesmo instante. Este meteoro he muito mais raro sobre a terra que sobre o mar; elle se deixa ver mui ordinariamente durante os grandes calores e depois de huma longa calma (1).

Reflexões sobre as indicações do Barometro.

CCCCLVII. As variações da atmosphera, augmentando ou diminuindo a pressão que o ar exerce no mercurio do barometro, fazem com que a columna deste liquido se alongue ou se encolha, de sorte que a quantidade de pressão de que se trata he indicada a cada instante pelo numero que corresponde á altura do mercurio; e porque accontece mui frequentemente que o barometro abaixe quando ha agitação no ar, ou o tempo se disponha para chuva, e que, pelo contrario, elle suba na proximidade de hum tempo bom e sereno, junta-se a certos gráos da escalla indicações do estado do ceo, que a altura a que chegão então o mercurio parece presagiar mais commummente. Mas a

---

(1) Enciclopédie Method., Marine, t. 3. Deuxiéme Partie, p. 791.

observação prova que o bom tempo e a chuva não tem huma influencia constante e regulada nas variações do barometro, as quaes não estão em razão exacta senão com as pressões do ar; e póde-se dizer que a arithmetica deste instrumento he mais segura que sua lingoagem.

Suppondo mesmo que os prognosticos do barometro concordassem sempre com os factos, faltaria explicar esta concordancia de hum modo satisfactorio. Porém a pezar da habilidade dos Physicos que se occuparão deste assumpto, e em geral de tudo quanto diz respeito ás variações da atmosphera, parece-nos que a theria estabelecida deixa ainda muito que dezejar. Unicamente temos principios solidamente estabelecidos, cuja ligação com o objecto desta mesma theoria faz esperar que elles serão hum dia empregados com vantagem em desenvolvela. Taes são os que resultão das experiencias de Saussure, de Deluc, de Gay-Lussac, e de Dalton. Combinando estes principios com observações seguidas sobre o estado da atmosphera he que se chegaráõ a dissolver as numerozas difficuldades que apprezentão, não só a diversidade dos phenomenos cuja reunião a theoria deve abraçar, como tambem das cauzas que sempre se complicão na producção de hum só phenomeno.

Da origem das Fontes.

CCCCLVIII. Pela evaporação se explicou a verdade de hum facto que por longo tempo tinha occupado os physicos. Vião-se os rios e os regatos correrem continuamente de suas nascentes para o mar, e estas nascentes não secavão. O mar receber de todos os tributos de suas differentes agoas e o mar não transbordava. Tinha-se concluido que seria precizo que as agoas tornassem do mar para as fontes, e que a natureza tivesse aberto, entre huns e outros, huma communicação não interrompida. Mas porque caminho se fazia este retorno? Aonde estão os canaes que conduzem as agoas do mar ás nascentes dos rios? Como perderião elles sua salsugem neste trasito? Este era o ponto de difficuldade, e para o resolver, tinha-se recorrido a differentes hypotheses mais apparentes que solidas.

Huns adoptando a idéa de Descartes, julgavão que as agoas do mar hião por canaes subterraneos, meter-se nas grandes cavernas situadas nas bazes das montanhas; que depois, por via do calor que reinava nestes subterraneos, se evaporavão e abandonavão seu sal, e sendo conduzidas

ás paredes superiores da cavidade, nellas se condensavão pelo resfriamento, e corrião para as nascentes dos rios e regatos. Era huma verdadeira destillação semelhente á que se opéra nos laboratorios de chymica.

Segundo outros, as agoas do mar, impelidas pela acção do fluxo introduzindo-se na terra por immensas fendas, aonde ella se filtrava de modo que lhe roubava o sal. Estas especies de canaes, cujas ramificações se estendem por todas as partes, as conduzem tambem até aos lugares aonde ellas formão nascentes por sua reunião.

Apreciando estas hypotheses segundo as idéas de huma sã Physica, concebe-se que admittir na natureza estes alambiques e estes filtros, era prestar-lhes meios da nossa arte, e querer sujeitar-se a copialos, ella que he sempre para a arte hum modelo inimitavel. Conjecturou-se por fim que não era precizo procurar para as fontes outras origens que as mesmas chuvas, eis-aqui o que a observação e a razão nos dictão igualmente sobre este assumpto.

CCCCLIV. A agoa se eleva de todas as partes, na atmosphera, pela evaporação. A do mar depozita seu sal, á medida que suas moleculas abandonão sua superficie, para se misturar com o ar. Huma parte do orvalho e das chuvas que provém destas agoas, cahe no cume das montanhas: estes cumes parecem mesmo obrar por affinidade sobre as nuvens, e prende-las. Tem-se observado que huma nuvem que encontra hum pico em sua passagem, se apagava á medida que suas differentes partes se approximavão do contacto. As agoas se infiltrão nas terras que cobrem as montanhas, e continuão até acharem hum leito que lhe seja impermeavel, e dali vão apparecer nos differentes lugares do pente ou pé da montanha onde o leito que as tem recebido se descobre.

Nas montanhas primitivas, as agoas correm ao longo das pedras duras que compõe o tecido destas grandes massas, e de sua reunião se formão as torrentes. As montanhas secundarias, cuja materia he mais molle e como esponjoza, deixa-se penetrar pelas agoas a huma maior profundidade, aonde ellas se separão por camadas d'argilla das quaes estas agoas seguem os declives; e nas junturas das camadas vizinhas he que se achão as sahidas que as espalhão. As que não apparecem na superficie, continuão a correr no seio da terra, aonde o homem vai procuralas por aberturas, poços que lhe fazem ao lado de suas habitações.

CCCCLX. Porém não seria conceder muito á evaporação

suppor que ella por si só podesse fornecer esta immensa quantidade d'agoa necessaria a entreter tantas nascentes principalmente juntando-se-lhes a que he perdida pelos rios, e regatos, e a que serve de bebida aos animaes, ou he absorvida pelas plantas? Mariotte, no seu Tratado do Movimento das Agoas, discutio esta questão com sua exactidão ordinaria, comparando a quantidade d'agoa da chuva que cahe em Paris e nos seus orredores, por tempo de meio anno, com a que passa no mesmo tempo por baixo da Pont-Royal; e resulta de suas observações e de seus calculos, que a quantidade d'agoa que cahe excede de tal modo a quantidade que falta para entreter a corrente dos rios e para encher os tanques, que he precizo suppor que o resto seja empregado com huma profuzão por assim dizer excessiva, nas necessidades da vegetação e em outros dispendios particulares. A solução da difficuldade parece fornecer huma nova objecção em sentido contrario (1).

A explicação que acabamos de dar raporta tambem a natureza á sua simplicidade ordinaria. O ar atmospherico, por huma só acção, dá continuadamente hum livre accesso entre suas moleculas ás das agoas espalhadas pela superficie do globo, e depois de lhe ter servido de vehiculo, elle as deixa precepitar aqui e ali; mandando-as a todas as partes donde as torna a tirar, ás planicies e ás praias que ellas desamparão, á nascentes dos rios que ellas alimentão, e ao Oceano do qual reparão as perdas.

Das maquinas Aerostaticas.

Depois de ter exposto os conhecimentos adquiridos até aqui sobre os diversos estados do ar, não nos podemos dispensar de dar alguns detalhes a respeito de huma descoberta propria a procurar-nos novidades relativas a este assumpto, e que d'outra parte tem pontos communs com a Physica. He a dos aerostatos, pelos quaes Mongolfier fez seu nome eternamente celebre.

Meios antigamente propostos para se elevar ao Ar.

CCCCLXI. A idéa de huma viagem emprehendida pelo homem por meio dos ares, promettia hum espetaculo

(1) Tráité du Mouvement des Eaux, París, 1718, p. 30. e seg.

tão grande e tão proprio a encitar a admiração, que se concebia como se tinha encontrado mais de huma vez homens assás animozos para procurar realizala. O vôo das aves, inspirando hum sentimento de rivalidade, parecia offerecer o modelo do mecanismo que devia servir para a execução do projecto. Mas em primeiro lugar a ave acha facilidades para executar os diversos movimentos relativos ao vôo, na conformação do seu corpo, não só na pozição como na structura de suas azas compostas de penas, cuja substancia he mui leve, e que são tubos occos; demais, a grande força muscular de que foi dotada pelo Author da natureza, lhe dá a vantagem de bater os ares tão poderoza e rapidamente, para se elevar á sua vontade, lançar-se adiante e sustentar-se em cima do mesmo lugar. No homem, pelo contrario, a força dos musculos, longe de compensar a vantagem do pezo, he muito inferior á que deveria ser, sendo tudo igual, para o pôr em estado de obrar sobre o ar, com hum excesso de velocidade que lhe faça achar hum ponto de apoio neste fluido tão movel e tão prompto a ceder. Daqui vem as tentativas tão infelizes que todos os que tem aspirado á pratica de huma arte que seria precizo deixar aos heroes da fabula.

CCCCLXII. Poder-se-hia chegar ao fim d'outra maneira, substituindo ao mecanismo do vôo o da navegação. Durante os dois ultimos seculos, Lana e Gallien, limitando-se a simples especulações, propozerão dois meios differentes para prehencher este fim. Lana compunha seu aparelho de quatro globulos de cobre, nos quaes fazia o vacuo, e que sendo muito espaçozos e muito delgados, se tornarião capazes, por seu excesso de leveza, a levar hum homem, com sua cadeira (1). Porém muitos sabios refutarão esta idéa, objectando que os globulos não deixarião de rebentar pela pressão da atmosphera.

Gallien partia de huma idéa que parecia muito mais plausivel por si mesmo, e que consistia em fazer fluctuar na atmosphera hum grande vazo occupado por hum ar especificamente mais leve que aquelle que o sustentava. A difficuldade era pôr este principio em execução; mas como Gallien não pertendia offerecer a seu leitor senão huma simples recreação physica, e faze-lo viajar na idéa, nada o embaraçava da parte dos meios, com tanto que elle tivesse

(1) Prodomo, dell'Arte Maestra, Brescia, 1670.
(2) L'Art. de Naviger dans les airs, Avignon, 1755.

sua possibilidade na natureza. Em consequencia elle fazia seu vazo tão grande como huma Cidade, e capaz de conter huma armada com toda a sua equipagem, e provizões para huma longa viagem. Elle o suppunha depois transportado á atmosphera, a huma tal altura, que o ar de que se enchesse fosse huma vez mais leve do que aquelle acima do qual elle fluctuava. Porém por mais altas que fossem as bordas do vazo, o ar que nelle se introduziria se comprimiria por seu proprio pezo, na mesma razão que o ar ambiente, e facilmente se conceberá que desde logo o vazo não poderia suster-se por hum sô instante no meio da atmosphera.

Primeiros Aerostatos.

CCCCLXIII. Desta maneira não se tinha ainda, relativamente á arte de se elevar nos ares senão ensaios infructiferos e especulações falsas e romanescas, quando em 1782 Mongolfier, tendo reflectido no phenomeno que apprezentão as nuvens que se sustem fluctuando na atmosphera, concebeo a idéa de dar tegumentos mui leves a nuvens facticias, compostas de vapores produzidos pela combinação de diversas substancias. Elle pensou que estes vapores, misturados com o ar rarefeito pelo calor no interior dos tegumentos, formaria com elles hum todo mais leve que o ar ambiente. Alguns ensaios que elle fez com seu irmão, tendo hum feliz exito, repetirão suas experiencias em Annonay o anno seguinte na prezença de hum grande numero de espectadores; e lá vio-se huma especie de grande sacco de pano de linho, formado de papel, e depois enformado, coberto de lã e abatido por seu proprio pezo, inchar-se e desenvolver-se pela acção do calor, e levar-se depois debaixo da fórma de hum ballão de cento e dez pès de circunferencia, e chegar a huma altura de mil toezas. Sabe-se que depois, a experiencia foi renovada muitas vezes em París, e que a maquina servia para elevar homens que elles mesmo entretivessem o fogo em hum esquentador suspenço por baixo da abertura do aerostato. Nos immensos ensaios a maquina era retida por cordas que lhe permettia sómente o elevar-se a huma certa altura. Em fim, Pilatre de Rozier e Darlandes, partindo com o aerostato salto, correrão perto de quatro mil toezas em dezasete minutos, e derão o espetaculo da primeira viagem que o homem fez a travez do ar.

Mongolfier, em suas experiencias fazia queimar mate-

rias animaes com a palha, para fazer inchar o aerostato; e poder-se-hia acreditar que a ascenção da maquina era devida em parte á prezença de hum gaz particular, composto de differentes principios que se desenvolvião na combustão. Porém está provado que este effeito provinha unicamente da rarefacção do ar contido no aerostato.

Aerostatos d'Ar inflammavel.

CCCCLXIV. Pouco tempo depois da novidade da experiencia d'Annonay, Carlos propoz substituir ao ar dilatado, o gaz hydrogeneo, que, na maior pureza a que tem chegado, he quazi treze vezes mais leve que o ar. Não se tratava mais do que achar huma capa impermeavel a este gaz, na qual se podesse encerrar. Este processo era mais dispendiozo, mas ao mesmo tempo menos perigozo e mais simples que o primeiro; o aerostato era sufficiente em si mesmo, e seu volume, da mesma sorte que seu pezo, se achavão sensivelmente diminuidos. Entre as differentes substancias de que se podião compor os tegumentos, Carlos preferio os tafetás cobertos de gomma elastica, que provém do succo espesso de huma arvore da America na qual se fazem incizões. Dissolve-se esta goma em oleo de terebentina, antes de untar os tafetás. Lançou-se no Campo de Marte hum globo construido por este processo, e que tinha quazi doze pés de diametro. Este globo se elevou em dois minutos a perto de quinhentas toezas; susteve-se quazi tres quartos de hora no ar, e foi cahir a quatro legoas de Paris.

Algum tempo depois, Carlos e Roberto, conduzidos em hum bote suspenso a outro aerostato do mesmo genero, e de vinte seis pés de diametro, correrão hum espaço de nove legoas antes de descer; e depois Carlos ficou só no bote, por hum novo vôo digno do seu zelo e de sua coragem, se elevou, em hum fechar d'olho a huma altura perto de mil e setecentas toezas, como por hir, em nome dos Physicos, tomar posse da região dos meteoros.

CCCCLXV. A' medida que que hum ballão desta especie se eleva mais nas camadas do ar cuja densidade diminue progressivamente, o gaz, menos comprimido, faz esforço por se estender, o que póde occazionar, a ruptura do ballão. Previne-se este inconveniente, adaptando no cimo do ballão huma valvula, a qual se possa abrir á vontade, para deixar sahir huma parte do gaz, quando sua dilatação tem tocado seu limite. Póde-se ainda moderar a

resistencia da valvula, de maneira que ella seja menor que a da estoffo; neste cazo a valvula se abrirá por si mesmo para dar huma sahida ao gaz.

Os viajantes erão obrigados a perder ainda seu gaz, quando querião descer. Tem-se proposto fechar o ballão em outro, occupado d'ar atmospherico; farse-hia sahir á vontade huma porção deste ar, ou se lhe forneceria novo, por meio de hum folle adaptado ao ballão exterior, o que daria ao viajante a facilidade de se elevar ou de descer, tantas vezes quantas quizesse, conservando todo o seu gaz inflammavel.

Uzo dos Aerostatos nos progressos da Physica.

CCCCXVI. A perfeição a que se tem conduzido entre nós a construcção dos ballões aerostaticos, fazia esperar que o uzo destas bellas maquinas poderia conduzir-nos a novos conhecimentos interessantes em razão á Physica. Esta esperança tinha já sido realizada em parte, depois que dois physicos distinctos, Biot e Gay-Lussac, aproveitandose de huma circunstancia favoravel, se offerecerão, por hum obsequio, para huma sabia expedição aeria para a qual huma escolha unanime os teria igualmente chamado. Daremos conta ao depois das observações que forão o fructo. Mas devemos fallar aqui de hum dos principaes resultados d'huma nova viagem emprehendida por Gay-Lussac só, e que foi notavel, pela circunstancia da maior elevação a que o homem chegou ainda. Ella era de 6977 met. ; 37 toe. (3579 met. ,9 toe.) acima de Paris, e de 7016 met. , (3600 toe.) acima do nivel, do mar. Gay-Lussac, abrindo, na altura de 6636 met. hum ballão de vidro que tinha levado, depois de lhe fazer o vacuo, delle se servio paro o encher d'ar da região em que se achava, e o tapou exactamente. Na volta de París, elle analysou este ar comparativamente com o ar tomado no meio do pateo da Escola Polytechnica, e resultou desta comparação que o ar que se respira na superficie da terra, e o que está a huma grande altura, tem sensivelmente a mesma compozição, e contém cada hum, 0,2149 d'oxigeneo (1).

---

(1) Journal de Physique, Frimaire an XIII, p. 454. e seg.

3. *Do Ar considerado como Vehiculo do Som.*

Temos a considerar o ar como sendo o meio que transmitte o som. Exporemos então os phenomenos geraes dos corpos sonoros: disto passaremos á comparação dos sons appreciaveis, segundo a razão entre os numeros de vibrações que lhe correspondem, por fim deduziremos das observações relativas aos effeitos dos instrumentos de vento, a theoria a mais verosimil da propagação do som.

Do Som em geral.

CCCCLXVII. O som nasce de hum movimento vibratorio imprimido pela percussão, ou de qualquer outra maneira ás moleculas de hum corpo. Tomemos para exemplo huma corda d'hum instrumento que se toca; no mesmo instante todos os pontos desta corda se alongão mais ou menos da pozição que tinhão, quando a corda estava em descanço, segundo que elles estão mais ou menos distantes dos pontos da prizão da corda; e toda a corda vai e torna alternativamente para cá e para lá de sua primeira pozição, por hum movimento de vibração que provém de sua elasticidade.

As moleculas do ar contiguas aos differentes pontos da corda, tomão movimentos semelhantes aos destes pontos; ellas vão e tornão com elles. Cada molecula communica movimento á que lhe fica atrás, e esta a huma terceira, e assim por diante, até ás moleculas que estão em contacto com o tympano. O ar de sua parte obra nesta membrana communicando-lhe vibrações, que ella transmitte ao nervo auditorio, e disto resulta a sensação do som.

CCCCLXVIII. Supponhamos agora que o corpo sonoro seja hum sino, como nas experiencias que logo citaremos. Póde-se conceber este sino como formado de muitos anneis sobrepostos, desde a baze até ao ponto culminante: no momento da percurssão, cada annel se comprime de maneira que toma huma figura oval, cujo eixo maior he perpendicular ao sentido segundo o qual se faz a percussão. O retorno do annel á sua primeira figura, he seguido de huma nova mudança de figura, que produz huma oval em sentido contrario do primeiro, e as mudanças se succedem desta maneira, até que se extinga com o movimento. As vibrações das differentes moleculas que compõe cada annel, excitão da mesma sorte, no ar vizinho,

huma pequena agitação que se communica de proximo em proximo, até ao termo em que se não percebe o som; dir-se-ha outro tanto, guardada a proporção, de todos os corpos vibrados pela percussão.

Pelo que diz respeito ao gráo a que corresponde o som produzido por hum sino, he precizo conceber que os anneis situados mais perto da baze, tendo huma maior circunferencia, tendem a fazer mais lentas suas vibrações, se bem que os anneis mais vizinhos do cume, aonde a circunferencia he mais pequena, tendem a produzir vibrações mais frequentes. Estabelece-se logo aqui, quazi como na pendula composta, huma compensação em virtude da qual as vibrações se achão reduzidas a huma igual dilação, que he huma especie de meio entre a que teria lugar para os anneis inferiores, e a que mediria o movimento dos anneis superiores, se huns e outros estivessem isolados.

CCCCLXIX. Huma observação mui facil de fazer, e que nos parece merecer ser indicada, he a do effeito que produzem sobre a agoa as vibrações de hum copo d'agoa, cheio deste liquido quazi até cima, em quanto se faz voltejar sobre sua borda hum dedo molhado, para excitar hum som conhecido dos que se divertem com esta experiencia. Eis-aqui o que se nota em igual cazo: a agoa anda, seguindo o movimento do dedo, e ao mesmo tempo sua superficie está toda cheia de rugas esbranquiçadas, que se succedem rapidamente hindo das bordas para o centro; e apressando-se o movimento, as moleculas d'agoa saltarão de todas as partes em roda do vidro e sobre a mão do observador. Esta experiencia tem melhor effeito com hum copo de pé, que se concerva em huma pozição fixa, apoiando-o com a outra mão na baze.

Poder-se-ha notar, praticando successivamente com copos de differentes grandezas, que as rugas se tornão mais pequenas, e tomão hum movimento mais rapido, á medida que o som he mais agudo.

CCCCLXX. O som se propaga de todos os lados em linha recta, não se lhe oppondo algum obstaculo; de sorte que se póde considerar cada ponto de hum corpo sonoro, como sendo o cume commum de immensos cónes mui delicados, e de huma largura indeterminada. Cada hum destes cónes he o que se chama hum *raio sonoro*; de resto não temos feito mais que debuchar a theoria da propagação do som, á qual tornaremos com mais detalhe, quando tivermos exposto os conhecimentos que devem desenvolve-la.

Experiencias a respeito da Transmissão do Som.

CCCCLXXI. Prova-se, por huma experiencia mui simples, que o ar he o vehiculo do som. Consiste em pôr debaixo do recipiente de huma maquina pneumatica hum engenho de relogearia, proprio a fazer soar huma campainha, e que pouze sobre huma almofadinha cheia de algodão ou lã. Faz-se o vacuo, e depois por meio de huma varinha que atravesse o meio do recipiente, apoiando-se em hum descanço, que, soltando-se deixe obrar a maquina, vê-se então, sem nada se ouvir, o martello tocar continuamente o sino.

Hauksbée, para fazer esta experiencia ainda mais deciziva, mete a campainha debaixo de hum primeiro recipiente cheio de ar, e coberto por hum segundo recipiente de tal fórma disposto, que se podia fazer o vacuo entre hum e outro. Ainda que se produzisse o som no recepiente interior, logo que se punha o martello em movimento, a campainha era igualmente muda para o observador (1).

CCCCLXXII. Segue-se disto, que n'um ar rarefeito até hum certo gráo, como o que circula no cume das altas montanhas, o som deve perder sua força, e se este cume está isolado, a absencia dos corpos susceptiveis de repercurtir o som, diminuirá ainda a intensidade do mesmo. He o que observou Saussure, quando se achava no cimo do Mont-Blanc, onde, relativamente, hum tiro de pistola não fazia mais estrondo que huma pequena peça d'artificio fazia em huma camara (2).

CCCCLXXIII. Notou-se, d'outra parte, que o som adquiria força a travez de hum ar condensado, e que sendo a densidade a mesma, a força do som crescia igualmente quando, por meio do calor se augmenta a força elastica do ar.

CCCCLXXIV. O som faz-se tambem perceber, porém mui fracamente, a travez d'agoa, ou se prolongue neste liquido o corpo sonoro, ou se ache o observador nella mergulhado; o que indica, como já notamos (296), que a agoa he compressivel e elastica até a hum certo ponto, ainda

---

(1) Expér. Physico-Mécaniques, &c. Paris, 1754, t. II. p. 326. (2) Voyages dans les Alpes, N.º 2020.

que até ao prezente não se tenha podido comprimí-la sensivelmente por experiencias directas.

CCCCLXXV. Todos os corpos solidos cuja estructura he tal, que o movimento de vibração imprimido a algumas de suas moleculas, possa communicar-se a travez de sua massa, serão da mesma sorte susceptiveis de transmittir o som. Hum facto bem singular deste genero, e que os filosofos não se desprezão de repetir como os meninos, he o que tem lugar, quando tendo o ouvido applicado a huma das extremidades de huma longa trave, percebe-se distinctamente o choque da cabeça de hum alfinete, que toca a extremidade opposta, quando apenas o mesmo som póde ser percebido a travez da espessura da trave. Esta differença provém de que, no primeiro cazo, o som segue a direcção das fibras longitudinaes, onde a continuidade das partes he mais perfeita que no sentido transversal; e he para notar que estas fibras tenhão assás elasticidade, para que o som perca tão pouco de sua força correndo o espaço que ellas occupão.

CCCCLXXVI. Os corpos que ferem o ar immediatamente, excitão tambem neste fluido vibrações sonoras. Assim o ar estoira no azorrague que o agita com violencia, e assobia com a impulção de huma varinha; elle se torna igualmente capaz de resoar, quando elle vai mesmo ferir hum corpo solido com huma certa velocidade, como quando o vento sopra contra os edificios, arvores, e outros corpos que se oppõe á sua passagem.

Da velocidade do Som.

CCCCLXXVII. O som emprega hum certo tempo em espalhar-se pelo ar, e chega tanto mais tarde ao ouvido, quanto mais distante está do corpo que o produz. Os physicos procurarão determinar, pela experiencia, a velocidade com que se pratica a propagação do som; e para conseguir isto, elles se aproveitarão de que a luz he pelo contrario sensivelmente instantanea, ao menos nas distancias a que se estendem nossas medidas. A explosão da peça d'artilheria era propria a dar os resultados procurados; não se trata mais do que calcular o tempo que decorria entre o momento em que a luz indicava á vista a partida do som e aquelle em que o mesmo som feria o ouvido com sua chegada. A incerteza que deixão ainda diversas experiencias que tinhão sido feitas sobre este objecto, determinou, em 1738, a que a Academia das Sciencias empre-

hendesse novas, em huma linha de 14636 toezas, situada entre Monthléry e Montmartre.

Achou-se que o som tinha huma velocidade uniforme que lhe fazia correr quazi 173 toezas (337 metr.) por segundo, de sorte que elle era unicamente mais fraco a huma maior distancia, porém saltava espaços iguaes. A velocidade parecia ser a mesma em hum tempo chuvozo ou sereno; porém a direcção e a força do vento póde faze-la variar. Se o vento segue a direcção perpendicular que vai do corpo sonoro ao observador, a velocidade do som he ainda a mesma que em hum tempo sereno; mas se a direcção do vento concorre com a linha de que se trata, então, segundo que ella tem lugar no mesmo sentido que o som, ou em sentido contrario, seria precizo ajuntar a velocidade do vento á do som, ou subtrahi-la. Em fim o som não padecia alguma mudança na sua velocidade.

O conhecimento da velocidade do som dá hum meio de avaliar com pouca differença, pela luz e pelo estrondo da peça, as distancias que ha interesse de saber no mesmo instante, como aquelle em que se acha relativamente a huma cidade bloqueada, de huma embarcação ou de hum porto de mar.

CCCCLXXVIII. Tem-se procurado igualmente determinar, por via do calculo, a velocidade do som. Porém a theoria dava para esta velocidade huma quantidade sensivelmente mais pequena que a que resultava da observação, e nenhuma das hypotheses que se tinhão imaginado para dar a razão desta differença erão satisfactorias. Laplace reflectindo em hum phenomeno cujo conhecimento devemos á chimica moderna, concebeo a possibilidade de deduzir a solução da difficuldade que se trata. Sabe-se que o ar, á medida que se condensa, desenvolve huma parte do calorico latente que elle continha e que passa a estado de calorico sensivel; e pelo contrario quando se rarefaz, absorve huma certa quantidade de calor sensivel, que se torna calor latente (216). Ora, na propagação do som, as moleculas do ar experimentando successivamente pequenas condensações e pequenas dilatações semelhantes ás de huma mola elastica que alternativamente se comprime e se estende; desenvolve-se, por tanto, no momento da condensação huma pequena quantidade de calor, que elevando sua temperatura augmenta sua força elastica, do que resulta huma acceleração na velocidade de seu movimento vibratorio. Quando depois a acção de se entezar, que he huma

verdadeira dilatação, succede á compressão, a pequena quantidade de calor desenvolvida se torna insensivel; depois os mesmos effeitos se repetem, e assim por diante; donde se conclue que a propagação do som deve fazer-se mais rapidamente que no cazo de huma temperatura uniforme.

A maneira como Biot applicou a analyse mathematisa a esta idéa, lhe dá hum novo ar de verdade. Este habil geometra introduzio na formula que reprezenta a velocidade do som, segundo á theoria ordinaria, e expressão do augmento de velocidade que deve produzir a acção do calor; e como as quantidades que entrão nesta expressão não poderião ser determinadas senão com muita difficuldade pela experiencia, propoz-se o problema inverso, que consiste em procurar, segundo as idéas adquiridas da propagação do som, qual deve ser a pequena porção de calor que se torna sensivel por cada condensação, e o augmento de elasticidade que he a consequencia, para que a formula concorde com a observação; e achou que os valores que davão os calculos nada tinhão que não fosse compativel com os resultados das experiencias feitas em grande; o que promette huma solução directa do problema, fundado na cauza que dissemos, quando a observação tiver fornecido dados necessarios para ali chegarmos.

CCCCLXXIX. Dissemos (475) que o ar não era o unico meio susceptivel de transmittir o som, e que os corpos solidos e a agoa repartem com elle esta propriedade. Ella foi tambem reconhecida em diversas substancias aeriformes. Hassenfratz emprehendeo huma serie de experiencias em grande e em circunstancias as mais adequadas a fazellas concludentes, para comparar a velocidade do som propagado por intermedio do ar, com a que tem lugar á travez dos corpos solidos, e para estender esta comparação á intensidade do som, segundo as differentes distancias a que se deixa perceber o mesmo som, segundo que elle he transmittido de huma e outra maneira.

Este physico tendo descido a huma das carreiras situadas em baixo de Paris, encarregou huma pessoa de tocar com hum martello huma massa de pedra que fórma o muro de huma das galarias feitas no meio das carreiras. Entretanto elle se desviava pouco a pouco do ponto aonde a percurssão tinha lugar, applicando hum dos ouvidos contra a massa da pedra; bem depressa distinguio dois sons, hum dos quaes era transmtitido pela pedra e o outro pelo ar. O primeiro chegava ao ouvido muito mais rapidamente, á medida que o observador se alongava, de

sorte que deixou de se perceber na distancia de cento e trinta quatro passos, posto que aquelle ao qual servia de vehiculo o ar não se estendia a mais do que á distancia de quatrocentos passos.

Corpos de diversas naturezas, taes como trincheiras de páos, ou huma carreira de barras de ferro postas a huma longitude mais consideravel, derão resultados analogos, com esta differença que o som propagado pelos páos corria hum muito maior intervallo que o som transmittido pelo ar, antes de chegar ao termo em que se tornava nullo para o ouvido, o que era hum effeito inverso do que tinha offerecido a comparação do ar com a pedra. O mesmo physico notou de mais que não sómente a transmissão do som a travez dos corpos solidos he em geral mais rapida que a que tem lugar por intermedio do ar, mas que ella se faz em hum tempo inapreciavel, ao menos relativamente ás distancias a que suas experiencias forão limitadas, das quaes a maior era de duzentos passos.

Dos Sons reflectidos.

CCCCLXXX. Quando o som encontra hum corpo que lhe faz obstaculo, as moleculas do ar que chocão este corpo são reflectidas á maneira dos corpos elasticos, fazendo seu angulo de reflexão igual ao angulo de incidencia, e communicão ás que lhe ficão de traz o movimento que ellas receberão pela reflexão; donde se segue que o som se espalha de novo em todas as direcções, tornando do obstaculo para o espaço que já tinha atravessado. Nos lugares fechados, taes como as sallas, o som he enviado de huma para a outra parede, e quando o lugar he abobedado, ou quando suas paredes tem huma elasticidade sensivel, diz-se que este lugar se torna sonoro, que significa que o som parece que nelle se prolonga, succedendo-se em tão pequenos intervallos que o ouvido não póde fazer distincção de todas estas impressões que lhe chegão humas apoz outras.

Porém achando-se em hum ar livre, a huma certa distancia, correrá hum intervallo de tempo sensivel entre o som directo e o som reflectido, e ter-se-ha o que se chama *eco*, que os que não attendem a isto o tomão por huma simples repetição das ultimas palavras pronunciadas. Vê-se igualmente porque os poetas que fazem o eco hum ente animado, punhão sua habitação perto das montanhas, dos rochedos, e dos bosques.

Segundo que he unico, ou muitos, postos em distancias convenientes, os obstaculos que reflectem o som, o eco he simples ou dobrado. Musschembroek cita hum eco deste genero, que repetia o mesmo som até quarenta vezes. Dois muros paralellos que reenvião mutuamente o som, podem produzir hum eco dobrado, para hum observador posto no espaço intermediario.

CCCCLXXXI. A arte dispôs certas construcções de edificios, de modo que produzem, por meio do som reflectido, hum effeito curiozo que se explica facilmente pela geometria. Sabe-se que a elipse tem a propriedade, que dois raios emanados dos seus fócos a hum ponto qualquer de sua curvatura fazem angulos iguaes com a tangente ao mesmo ponto. Logo suppondo-se huma abobeda ou hum muro de huma figura eliptica, todos os raios sonoros que partem de hum dos fócos, irão, segundo a sua reflexão para os differentes pontos da curvatura, passar pelo outro fóco aonde encontrarão o som. Deste modo, hum homem, pondo sua boca em hum dos fócos, póde pronunciar em voz baixa palavras que serão entendidas directamente por hum ouvido attento no outro fóco, e que não serão percebidas por testemunhas postas entre os dois interlocutores, de sorte que sómente o eco he que será o confidente

Dos Sons comparados.

CCCCLXXXII. Depois de ter considerado o som em seus effeitos os mais geraes, taes como o movimento de vibração do corpo que o gera, ou do ar que o propaga, a velocidade com que elle corre este ar, sua reproducção no encontro dos corpos que o reflectem; passemos a tratar agora das relações entre os sons, comparados segundo o numero de vibrações que fazem, ao mesmo tempo differentes corpos sonoros. As observações que determinão estas relações são pertencentes à Physica, e a arte do muzico consiste em emprega-los do modo o mais proprio a recrear o ouvido, do que depende a melodia, seja pela boa combinação dos sons simultaneos, em que consiste a harmonia. O physico não attende senão ao que poderia chamar a *muzica de espirito*; e ao artista he que pertence a *muzica de sentimento*.

CCCCLXXXIII. Os sons não se podem comparar senão quando são appreciaveis; esta qualidade do som he que faz com que o ouvido perceba o gráo, e que cada hum tenha

naturalmente a facilidade, quando percebe hum destes sons a que a voz he capaz de chegar, de formar hum que o imita perfeitamente, e que não parece ser senão o mesmo som produzido por outro orgão.

Este modo de fallar dos sons, como estando collocados em differentes gráos huns acima dos outros, e de suppor que a voz sobe ou dêsce, não he mais do que huma lingoagem figurada que foi suggerida pelas apparencias, e a que a noção da muzica foi associada.

Dá-se tambem o nome de *graves* aos sons mais baixos, e o de *agudos* aos que são mais altos.

Mas a differença real e physica entre hum som grave e hum agudo, consiste em que o corpo que produz o primeiro, faz hum menor numero de vibrações, em hum tempo dado, que o que produz o segundo.

Dos principaes Intervallos entre os Sons.

CCCCLXXXIV. As experiencias feitas em cordas sonoras derão hum meio facil de achar a razão entre os numeros de vibrações, d'onde resultão dois sons que differem entre si em hum numero determinado de gráos. Em geral, a frequencia das vibrações de huma corda sonora depende de tres couzas, a saber, do comprimento desta corda, sua grossura e sua tensão. A formula a que foi conduzido Taylor pelo calculo, faz vêr que em densidade igual o numero de vibrações, em hum tempo dado, he proporcional á raiz quadrada do pezo que sustem esta corda estendida, dividida pelo producto do comprimento da corda pelo seu diametro, e isto he o que confirma a observação.

CCCCLXXXV. Nas experiencias relativas a este assumpto, serve-se de hum instrumento chamado *sonometro*, que he huma especie de caixa oblonga, sobre a qual se estende, com pezos, duas cordas de latão, para comparar o numero de suas vibrações. Ordinariamente não se faz variar senão huma das tres quantidades de que fallamos; isto he, por exemplo, que se se estendem as cordas com pezos differentes, uzão-se de cordas da mesma grossura, e dá-se-lhes o mesmo comprimento. Neste cazo, a razão entre o numero de vibrações por hum certo tempo, tomado por unidade, he indicado pela razão das raizes quadradas dos pezos que fazem estender as cordas.

Reprezentando-se da mesma sorte pela unidade o mais baixo dos dois sons que se comparão, ter-se-hão as razões

seguintes entre o som de que se trata, e o som agudo que se suppõe ser percebido ao mesmo tempo que elle.

A oitava será reprezentada por 2, isto he, que o som agudo fará duas vibrações, em quanto o som grave não faz mais que huma; este he o intervallo entre os dois *dó* da escalla ordinaria.

A quinta ou o intervallo de *do* a *sol*, subindo, terá por expressão $\frac{3}{2}$; assim o som agudo desta consonancia fará tres vibrações contra duas do som grave.

A quarta, ou o intervallo de *dó* a *fa*, será reprezentada por $\frac{4}{3}$.

A terceira maior, ou o intervallo de *do* a *mi*, por $\frac{5}{4}$.

A terceira menor, ou o intervallo de *mi* a *sol*, por $\frac{6}{5}$.

Limitar-nos-hemos aqui ás consonancias; reprezentar-se-hião da mesma sorte as dissonancias, fazendo variar de muitas outras maneiras os dois termos da razão.

Da Serie dos Sons incluidos nos que produz huma corda vibrante.

CCCCLXXXVI. Cada som, tal qual chega ordinariamente ao ouvido, he, pela avaliação deste orgão, hum effeito mui simples, huma especie de elemento cuja pureza parece não póde ser alterada; e entre tanto cada som contém realmente muitos outros sons mais agudos, dos quaes huns se tornão sensiveis em certos cazos para hum ouvido ainda pouco delicado, e os outros tem sua existencia indicada por differentes observações.

Supponhamos que não haja em hum lugar senão huma unica corda de hum certo comprimento, como huma daquellas que formão o baixo de hum cravo, ou a corda grossa de hum rabecão, e que depois de se ter estendido esta corda, se faz resoar. Applicando o ouvido a huma pequena distancia da corda, distinguir-se-ha, alem do som principal, outros dois sons mais fracos, porém mui distinctos; e representando-se sempre pela unidade o som principal, os outros dois sons concomitantes serão reprezentados hum por 3 e o outro por 5; isto he sendo o pri-

meiro *dó*, o segundo será a oitava de sua quinta *sol* subindo, e o segundo o dobro da oitava de sua terça maior *mi*.

Esta experiencia tem o mesmo effeito com huma rebeca, fazendo passar o arco pela corda grossa perto do cavalete, em huma direcção bem perpendicular á corda, para tirar hum som cheio e bem pronunciado. Póde-se á vontade conservar ou suprimir as outras tres cordas, as quaes nadá contribuem para este effeito.

Distingue-se tambem a oitava 2 e mesmo a oitava dobrada 4 do som principal; porém he precizo mais applicação para os distinguir, porque os sons postos em oitavas hum do outro, tendem mais a confundir-se no ouvido.

Temos por tanto a serie 1, 2, 3, 4, 5, que reprezenta os differentes sons sensiveis ao ouvido, de que he composta a harmonia de hum só som.

CCCCLXXXVII. Porém outra experiencia nos faz julgar que estes não são os primeiros termos da verdadeira serie que se estende indefinidamente. Porque, se ao lado de huma primeira corda se estendem outras, cujos numeros de vibrações, que correspondem a huma unica vibração da primeira, sejão 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c; e se faz resoar a primeira corda só, todas as outras estremeceráõ e resoaráõ ao mesmo tempo, ainda que muito mais fracamente. Póde-se fazer seu estremecimento sensivel á vista, pondo em cada huma dellas hum cavalete de papel o qual se verá agitar, ou mesmo saltar fóra, no momento que se tocar a corda principal.

Se os diametros das differentes cordas são iguaes entre si, e haja mesmo igualdade entre as tensões, os comprimentos das cordas que a primeira fará resoar, comprehendendo nestas o unisono, deveráõ ser segundo o que se disse, como os numeros $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}$, &c.

Nós supporemos ao depois, para maior simplicidade, que as cordas não varião senão segundo seu comprimento.

Ora, pois que os primeiros sons da serie se distinguem immediatamente na resonancia de huma corda que se faz vibrar sómente, não ha lugar de duvidar que os seguintes não sejão nella igualmente incluidos; e se o ore gão não os percebe sem intermediario, he porque elles são tão fracos que lhe escapão; a respeito do que notaremos, que em certos cazos, com huma só corda, chega-se mesmo a perceber a impressão do som reprezentado por 7.

Deo-se o nome de *som gerador* ao som principal, e

os sons mais fracos que o acompanhão forão chamados seus *harmonicos*.

CCCCLXXXVIII. Alguns physicos pensarão que a corda principal se subdividia em partes aliquotas, semelhantes ás que reprezentavão os comprimentos das outras cordas; de sorte que o som produzido por cada huma destas, era produzido, como a unisono, pela parte aliquota que lhe correspondia na corda principal. Porém nem a observação nem o calculo indicão esta subdivizão da corda geratriz. Tudo o que se póde concluir das experiencias citadas, he, que as vibrações de huma corda sonora tem a propriedade de excitar no ar, não sómente vibrações da da mesma ordem, mas outras vibrações de differentes ordens mais elevadas, analogas ás que os harmonicos nelle produzirião, se cada hum delles fossem produzidos por huma corda distincta.

CGCCLXXXIX. Poder-se-hia crêr tambem que, quando se emprega huma só corda, a resonancia dos harmoniacos provém dos corpos ambientes, cujas fibras se achão em sua unisonancia; por exemplo, as da madeira mesma sobre a qual a corda está estendida, e com as quaes esta corda se julga communicar; de sorte que esta começaria a obrar sobre as ditas fibras, e que estas fibras, de sua parte, produzirião no ar vibrações analogas á resonancia dos harmonicos. Porém nós fizemos a experiencia no ar livre, e de maneira que os pontos de prizão não tinhão alguma elasticidade sensivel, e nós percebemos tambem a resonancia dos primeiros harmonicos; do que he precizo concluir que a corda tem, por si mesmo, a propriedade de excitar no ar vibrações que os produzem, e são estas vibrações que fazem depois estremecer e resoar os corpos ambientes.

CCCCXC. Partindo dos factos que viemos de expôr, concebe-se porque quando se canta em lugares onde se achão corpos susceptiveis de tornarem os sons appreciaveis, como são os vazos de vidro ou de metal, cada hum destes corpos resoa, quando a voz faz perceber seu unisono, ou mesmo quando ella dá hum som que está para o que o mesmo corpo faria pela percussão, como o som gerador está para a oitava de sua quinta, ou para a dobrada oitava de sua terça. Estes differentes effeitos são mui sensiveis, quando se dá hum som com a voz, apprezentando a boca á abertura de hum copo ordinario. A resonancia a mais notada he da do unisono, e citão-se cantores de huma voz tão justa, e ao mesmo tempo tão forte, que, tomando des-

ta fórma a unisonancia de hum copo, chega a quebralo. A mudança de figura que soffrem, neste cazo, os differentes anneis que compõe o copo, he tão consideravel, que suas partes não tendo a flexilidade necessaria para se lhe prestar promptamente, se separão em differentes partes, como no cazo em que o copo tivesse sofrido huma forte percussão.

Experiencia de Tartini.

CCCCXCI. Tudo quanto viemos de dizer me conduz a fallar de huma experiencia, conhecida pelo nome de *experiencia de Tartini*; consiste em fazer entender ao mesmo tempo dois sons fortes, afinados e aturados; resulta de seu concurso hum terceiro som mais fraco, e que he tal, segundo este celebre muzico, que reprezentando-se a razão entre os dois primeiros sons pelos numeros os mais simples, o som produzido será reprezentado por 2. Se os dois sons de que se trata tem, por exemplo, por expressões os numeros 8 e 3, em cujo cazo seu ajuste dará huma dissonancia semelhante á que resulta dos sons *dó*, *ré*, o som produzido sendo 2, corresponderá á oitava dobrada abaixo de *dó* da dissonancia.

Em geral, não será precizo mais que transportar á oitava hum dos sons do ajuste, ou ambos, para que elles sejão comprehendidos na serie dos harmonicos, cujo terceiro som seria o som fundamental; o que póde servir para ligar esta experiencia com a da tripla ressonancia d'huma corda vibrante, da qual ella soffre de alguma fórma o inverso.

Dos Sons harmonicos.

CCCCXCII. Citaremos huma terceira experiencia mui curioza, que se acha indicada em Wallis, mas que estava esquecida, quando se offereceo ás observações de Sauveur, que passou depois por ser o inventor: eis-aqui o detalhe desta experiencia.

Estendendo-se em huma plancha huma corda, a qual se divide em duas porções desiguaes e commensuraveis entre si, por meio de hum obstaculo leve, que mediocramente a aperte, estas duas partes sendo tocadas successivamente, darão o mesmo som, que será differente do da corda inteira: e este som será tal, que representando-se pelos numeros os mais simples a razão entre o cumpri-

mento das duas partes da corda, o som que ellas darão será para o de huma corda que teria a unidade por expressão. Assim, suppondo-se a corda dividida em duas partes, que fossem entre si com 3 para 2, em cujo cazo os sons correspondentes estarião na mesma razão de *dó* para *sol*, subindo, se os comprimentos das duas partes determinassem sua resonnancia, o som tirado de cada parte será o da corda 1, isto he, o *sol* para a oitava agudo do som que daria a parte mais pequena no cazo ordinario. Chamão-se *sons harmoniacos* os que resultão desta divizão de huma corda vibrante.

Observando-se com attenção a mesma corda, a pezar de estar em vibração, nota-se que cada parte se subdivide em tantas porções iguaes, quantas são as unidades que contém o numero que lhe corresponde. Assim entre duas subdivisões proximas, ha hum ponto de descanço ou nó, e no meio da mesma subdivizão, a ondulação fórma hum bojo, como huma corda que vibra sem ser subdividida. No exemplo precedente, a parte maior se subdivide em tres, e a mais pequena em duas, de sorte que o som *dó* he produzido ao mesmo tempo por todas as subdivisões que se achão desta sorte em unissonnancia humas das outras. Facilmente se vê que a parte menor não se deve subdividir, quando o som que lhe he analogo, tem a mesma unidade por expressão; então he este mesmo som que a parte menor faz entender, da mesma sorte que cada huma das subdivisões da maior.

O mecanismo pois de que depende a serie das unisonnancias dadas pela experiencia de que se trata he tal, que o obstaculo ligeiro que divide a corda, impede unicamente as vibrações totaes, porém deixa subsistir huma communicação, huma dependencia mutua entre as duas partes, cujas vibrações tendem por isso mesmo a ajustarem-se perfeitamente entre si, isto he, a tornarem-se isochronas. Por consequencia, ellas são forçadas a subdividirem-se, mas ellas fazem o menos que he possivel; de modo que o numero das subdivizões he sempre o mais pequeno, entre todas aquellas que derem igualmente o isochronismo.

Assim no exemplo precedente, se a corda 2 fizesse vibrações totaes, os dois terços da corda 3 poder-se-hião mui bem meter em unisonnancia com ella; porém restaria hum terço que faria suas vibrações separadamente; ora, he este terço que sendo só proprio a determinar o isochronismo, dá a lei ao resto.

CCCCXCIII. Sauveur fazia sensivel á vista a distinção dos nós e dos bojos, pondo no lugar de cada nô huma asna de papel branco, e outra de papel córado no lugar de cada bojo. No momento em que a corda entrava em vibração, vião-se cahir todas as asnas córadas, quando as brancas ficavão em seu lugar. Esta experiencia tem bom effeito, em huma corda de rebeca, que se divide por hum cavalete de papelão, depois de se ter estendido sobre huma plancha, e que se faz vibrar, passando levemente o arco perto do cavalete de pão sobre o qual assenta huma ou outra das extremidades desta mesma corda.

Reflexões sobre a Escalla diatonica dos Modernos.

CCCCXCIV. A primeira das experiencias que viemos de citar, ou que consiste na tripla resonnancia de huma corda vibrante, nos subministra algumas reflexões a respeito da formação de nossa escalla diatonica composta dos sons *dó*, *ré*, *mi*, *fa*, &c, e que he conhecida de todos.

Designando-se sempre pela unidade o primeiro som *dó*, a serie dos 8 sons será exprimida pela dos numeros

$$1, \frac{9}{8}, \frac{5}{4}, \frac{4}{3}, \frac{3}{2}, \frac{15}{9}, \frac{15}{8}, 2.$$

dó, *ré*, *mi*, *fá*, *sol*, *la*, *si*, *dó*;

isto he, que fazendo-se vibrar cordas cujos comprimentos fossem proprios a dar numeros de vibrações que correspondão aos termos da serie precedente, ter-se-hia huma serie de sons que reprezentarião mui sensivelmente nossa taboada de muzica, tal como cada hum a tem, por assim dizer no ouvido e a executa pela cantoria. Esta taboada de muzica he muito antiga, e remontando até aos seculos da Grecia, onde o gosto das artes era tão delicado, acha-se que os dois tetracordos que formavão a escalla de muzica desse tempo, tinhão seus sons precizamente nas mesmas relações que os da nossa.

Ora he notavel que a gradação dos sons nas duas escallas, se acha submetida ao principio da maior simplicidade nas razões que as determinão; e este principio parece ter sido o guia secreto do qual o ouvido seguio a indicação. Para o conceber, observemos que tomando os sons, que dão dois, tres, quatro e cinco vibrações, contra huma só do som fundamental, nós teremos successivamen-

te a oitava deste som, depois a oitava de sua quinta, logo sua dobrada oitava, e por fim a dobrada oitava da sua terça; isto he, que nós teremos a harmonia dos sons, que sós resoão sensivelmente quando se faz vibrar huma corda isolada. Ora a oitava, a quinta, e a terça são as consonnancias as mais perfeitas, e estas consonnancias he que fazem toda a nossa escalla diatonica. Porque em primeiro lugar, nós temos nesta taboada a concordancia *dó*, *mi*, *sol*, que he dado immediatamente pela tripla reconancia do corpo sonoro, excepto de que o *sol*, e o *mi* ahi se achão transportados hum á oitava, o outro á duplicada oitava abaixo do harmonico correspondente, o que he sempre permittido, por cauza da grande semelhança entre hum som e a sua oitava. Transportemos agora o *fa* e o *la* da taboada á oitava abaixo; se ajuntamos o *dó* fundamental a estes dois sons, teremos huma nova concordancia *fa*, *la*, *dó*, inteiramente semelhante á concordancia *dó*, *mi*, *sol*. Em fim, se transportamos o *re* á oitava acima, teremos, reunindo-lhe os sons *sol* e *si*, huma terceira concordancia *sol*, *si*, *re*, que do mesmo modo reprezenta exactamente a consonancia *do*, *mi*, *sol*. Eis-aqui pois todos o sons da taboada distribuidos entre tres consonancias compostas d'huma terça e d'huma quinta, e de tal fórma ligados entre si, que o som fundamental de cada hum he a quinta para o grave ou para o agudo do outro; de sorte que partindo do *fa* tomado abaixo do *dó* fundamental da taboado, obtem-se esta serie, *fa*, *la*, *dó*, *mi*, *sol*, *si*, *re*, que fórma hum encadeamento de terças e de quintas. Desta fórma nossa taboada de muzica he limitada ás combinações que dão os sons reprezentados pelos cinco primeiros numeros naturaes; todos os outros se achão excluidos, sobre que Leibnitz dizia com graça, que *o ouvido não contava senão até cinco.*

CCCCXCV. D'outra parte alguns sabios pensarão que havia outra mão de solfa preferivel á precedente, e cuja adopção elevaria a muzica a seu verdadeiro ponto de perfeição. Eis-aqui a observação em que elles se fundão.

Se na serie dos harmonicos dados pelas differentes cordas que resoão ao lado de huma primeira corda que se poz em vibração, se tomarem os que correspondem ás fracções $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{11}$, &c, até a $\frac{1}{16}$ incluzivamente; ter-se-ha huma serie de sons semelhante á mão de solfa ordinaria, á excepção de que o *fa* e o *la* serão hum pou-

co mais altos que nesta mão de solfa; demais o harmonico $\frac{1}{13}$ dará hum som surnumerario entre *sol* e o *la*.

Os sabios de que se trata, pensarão que a verdadeira mão de solfa devia ser esta, porque ella era dada immediatamente pela natureza, e quese o ouvido parecia ferido pela entoação *fa* e *la*, logo que esta solfa executada por hum instrumento proprio para este effeito, tal como a trombeta de caça, era a consequencia de hum prejuizo deste orgão corrompido pelo habito, e do que elle se chegaria a desabuzar, familiarizando-se com o outro, e deixando obrar a natureza, que logo recuperaria todos os seus direitos.

Com tudo a razão que se tira da simplicidade das relações parecerá prevalecer, se se considera que esta simplicidade está ligada com a facilidade de perceber os intervallos entre os sons, a qual influe de sua parte no prazer do ouvir. He por isto que a oitava he a consonancia que agrada mais geralmente, e a consonancia composta da quinta e da terça acha hum tão facil accesso em todos os ouvidos acostumados á harmonia. Ora he nesta consonancia e na da oitava, como vimos, que he fundada nossa solfa. Fica-se nestes limites, por huma especie de instincto, e anteriormente a qualquer estudo das propriedades harmonicas do corpo sonoro. Isto não he senão porque o ouvido compara os numeros; esta comparação he unicamente da parte do espirito; porém a simplicidade destes numeros tende para hum effeito physico; que he, a frequancia das entradas que fazem as vibrações dos sons comparados, cujo effeito parece achar no mesmo orgão huma dispozição em virtude da qual elle se accommoda melhor ao que he mais simples, porque elle tem menos trabalho para o perceber.

A arte, lançando mão dos intermediarios entre os sons insinuados pela natureza, espalhou huma grande variedade por todos os effeitos da harmonia e da melodia; e chegou, pelo engenhozo encadeamento das dissonancias e de consonancias, a fazer agradavel ao ouvido, o que não parecia proprio senão a inquietar.

Rameau procurou deduzir as leis da harmonia da tripla resonancia dos corpos sonoros. Tartini julgou ter achado a origem na experiencia que nós citamos debaixo do seu nome. Porém estes systemas não dão mais que proporções mais ou menos plausiveis, e ha phenomenos d'har-

monia reconhecida pelo ouvido, que se lhe não podem repetir.

Da Affinação.

Tudo quanto se sem dito, nos conduz a dar huma idéa do que se chama affinação.

CCCCXCVI. Resulta do principio, segundo o qual nossa solfa foi formada, que o som agudo de cada huma das tres consonancias perfeitas, de que ella he composta, faz huma quinta justa com o som fundamental desta consonancia. Porém se se comparão dois sons tomados em differentes consonancias; a saber, o *re* e o *la*, que formão tambem huma quinta, achar-se-ha aqui huma pequena alteração na igualdade deste intervallo. Porque a razão dos dois sons de que se trata, he hum pouco maior para a de $\frac{9}{8}$ para $\frac{15}{9}$, do que para a de 2 para 3, que dá huma quinta justa. Para que o *la* estivesse com o *re* na razão desta quinta seria precizo que sua expressão, se tornasse $\frac{27}{16}$. Demos-lhe, por hum instante, esta expressão, e tomemos acima do mesmo *la* hum novo som *mi*, que faça tambem huma quinta justa com elle, ter-se-ha a expressão deste *mi*, multiplicando $\frac{27}{16}$ por $\frac{3}{2}$, que he a razão da quinta; o que dá $\frac{81}{32}$. Agora, se não houvesse alguma alteração nos intervallos, este *mi* estaria para oitava justa de solfa, hindo do grave para o agudo. Mas não he assim; porque se elevamos este *mi* huma oitava, sua expressão, que era $\frac{5}{4}$, se tornará $\frac{10}{4}$, ou $\frac{80}{32}$, menor que $\frac{81}{32}$, na razão de 80 para 81. Segue-se disto que o *mi* expremido por $\frac{81}{32}$, não estará mais para á terça do *dó*, cuja expressão he 2; a razão entre este *dó* e o *mi* de que se trata, reduzida á sua maior simplicidade, he o

de 64 para 81, hum pouco maior que o de 1 por $\frac{5}{4}$, ou de 64 para 80, que tem lugar para o *dó* e o *mi* da solfa.

Sem entrar aqui em hum maior detalhe, ser-nos-ha sufficiente dizer, que destes intervallos, a oitava, a quinta e a terça, não se póde conservar hum em toda a sua pureza, sem alterar os dois outros; e resulta huma difficuldade que foi sentida á muito tempo, relativamente á maneira de ajustar os instrumentos de cordas, em que cada toque corresponde a hum som cujo gráo he determinado pela mesma operação. Imaginarão-se em consequencia differentes methodos, para achar huma *affinação*, isto he, para combinar as alterações de maneira que a harmonia não soffra muito; e todos estes methodos convém neste ponto, que he indispensavel conservar as oitavas justas, sacrificando antes alguma coiza o ajuste das quintas e o das terças, porque succede quazi da oitava como do unisono, que por sua grande simplicidade, he tão agradavel ao ouvido que elle não póde tolerar o menor defeito de exactidão; elle não perde nada de sua severidade, senão relativamente aos intervallos menos simples; e neste cazo elle supre o que lhe falta, e suppõe nullas as differenças que ella não aprecia.

Rameau, depois de ter variado sobre a escolha da melhor affinação, acabou por adoptar aquelle em que todas as quintas se achassem igualmente alteradas, com tanto que não houvesse razão para alterar antes huma que outra. Achou-se que neste systema as terças se tornavão duras e chocantes, e admitio-se geralmente o methodo que Rameau mesmo tinha preferido, e que elle depois abandonou. Nos instrumentos affinados por este methodo, as quintas dadas pelos tons naturaes da muzica conservão quazi inteiramente sua harmonia; as differenças mais sensiveis cahem nos semi-tons intermediarios; os muzicos tomão na serie das quintas, certas notas que lhe servem para virificar de tempos em tempos sua operação, segundo o ajuste d'alguma outra consonancia, tal como a da terça, que cada huma destas notas deve fazer com huma das notas já ajustadas. Resulta disto huma grande diversidade nas altêrações que soffrem os intervallos da quinta e da terça que repartem a serie dos differentes sons, e tem-se mesmo olhado esta diversidade como huma vantagem; porque, segundo que se escolhe tal som com preferencia por

nota tonica, isto he, por aquella á qual se raportão todas as outras, de sorte que a melodia assente, por assim dizer, sobre esta nota como sobre huma baze, as quintas e as terças que corre o canto tem alguma couza de sombrio, que he proprio a inspirar a tristeza, ou eu não sei que exaltaçao excite a alegria. Assim, a melodia recebe sómente sendo alterados os intervallos que ella emprega, hum colorido do caracter que ella mesmo traz; e o que se julgaria olhar como hum defeito, se torna, para o muzico, hum meio de ajuntar á expressão do sentimento o que elle procura pintar.

Theoria da Propagação do Som.

Resta-nos estabelecer a theoria dos differentes phenomenos que appresenta a experiencia, relativamente á propagação do som, e a maneira de explicar como o som conserva huma velocidade uniforme, desde o corpo sonoro até ao orgão, ainda que elle perde continuamente da sua força; como os sons agudos e os sons graves, os sons fortes e os sons fracos tem a mesma velocidade em sua carreira; como em fim differentes sons simultaneos se cruzão no ar sem se confundirem, e trazem ao ouvido sua harmonia em toda a sua pureza.

Esta theoria se deduz da maneira como o som se fórma nos instrumentos de vento, e nós a tirámos de huma excellente Memoria, em que Bernoulli a desenvolveo e submeteo ao calculo (1). Nós vamos procurar fazer o mais claro possivel as idéas deste celebre geometra.

CCCCXCVIII. Concebamos primeiro hum tubo cylindrico tapado em huma extremidade, e que se faz resoar soprando pelo orificio aberto. O ar contido neste tubo se porá em vibração, de maneira que cada huma das camadas infinitamente delgadas que compõe a columna deste fluido se approximaráõ e se alongaráõ successivamente do fundo, hindo e tornando a vir de huma e outra parte da pozição que ellas tinhão no estado de quietação, por pequeno movimento d'oscillaçäo semelhantes aos de huma pendula simples. As oscillações hirão crescendo de huma camada para a outra, desde o fundo onde ellas serão nullas, até á abertura onde se tornarão as maiores. As de

(1) Memoires de l'Acad. des Sciences, 1762, pag. 431 e seg.

cada camada serão isochronas, e as das differentes camadas serão synchronas, isto he, que ellas começarão e acabarão todas ao mesmo tempo, sem que podessem formar hum som.

Em quanto as differentes camadas tem hum movimento progressivo para o fundo, a camada que estava no orificio entrará no tubo, onde ella condensará a camada vizinha, e assim por diante, de maneira que a condensação hirá sempre crescendo até ao fundo, onde ella será a maior, porque será o resultado do concurso de todas as acções das camadas posteriores. Na volta para o orificio, sahirá, pelo contrario, do tubo huma pequena porção do ar que nella estava contido durante o estado de quietação, e as differentes camadas soffreráõ pequenas dilatações que hirão diminuindo desde o fundo; do que se vê que o ar do orificio não será nem condensado nem dilatado, porém conservará a mesma densidade que o ar ambiente.

CCCCXCIX. Eis-aqui o que succede aos tubos tapados em huma extremidade. Trata-se agora d'applicar esta hypothese ás vibrações do ar em hum tubo aberto pelas duas extremidades. Ora, a unica idéa que concorda com as leis da mecanica e com a observação, consiste em suppor, pelo pensamento, que o tubo está dividido em duas ametades por via de hum diafragma, como se elle fosse composto de dois tubos tapados de hum lado e reunidos pelo fundo, e que tudo se passava em cada hum delles conforme á hypothese precedente. Resulta que a camada d'ar situada no lugar do diafragma, ou, por dizer melhor, que faz o officio deste, será immovel, e todas as outras camadas farão oscillações que hirão de huma e outra parte crescendo, segundo a lei que expozemos.

D. Resta a considerar o cazo d'hum tubo tapado nas duas extremidades, que não tem lugar na pratica, porém que he necessario para a theoria. Suppondo-se que o ar interior seja posto em vibração por huma cauza qualquer, poder-se-ha conceber cada ametade como hum tubo tapado sómente por huma extremidade, e no qual as oscillações serão as mesmas que para esta ultima especie de tubo, porém de maneira que ellas se fação todas do mesmo lado, desde hum fundo até ao outro; e desta sorte, em quanto as camadas contidas em huma ametade ahi se condensarem approximando-se do fundo que a termina, as camadas da outra ametade se dilatarão, hindo no mesmo sentido que as primeiras, e a densidade da camada do meio será constante.

Vê-se que os dois ultimos cazos não são mais que consequencias da hypothese dada relativamente ao primeiro; e se esta hypothese se acomoda como por si mesmo aos differentes factos dados pela experiencia, não se poderá recuzar olha-la como infinitamente provavel.

DI. Ora sabe-se que hum tubo aberto dos dois lados dá o mesmo gráo de som que hum tubo tapado de hum lado sómente, e que não tem mais que ametade do comprimento do primeiro. Isto he huma consequencia necessaria dos principios da theoria, pois que no tubo aberto pelos dois lados, ha huma quietação no meio; de sorte que as duas ametades estão em unisonancia, e que as oscillações do ar em cada huma dellas são perfeitamente semelhantes, seja entre si, seja áquellas que tem lugar no tubo tapado por huma extremidade.

DII. Em certos instrumentos de vento, como a trompa de caça, a trombeta, em que não entra o movimento dos dedos, a differença dos tons depende da maneira de augmentar ou diminuir a abertura dos beiços, segundo que se quer obter hum som mais grave ou mais agudo. O muzico escolhe o gráo desta abertura, pelo sentimanto que tem do tom que quer produzir; porém todos os tons não se prestão á vontade. O instrumento não lhe obedece senão no que he de sua natureza. Em consequencia, reprezentando-se por 2 o som principal, o muzico não poderá fazer produzir no instrumento senão os sons que correspondem aos numeros 4, 6, 8, 10, &c.

DIII. Ora, para explicar este progresso determinado de sons successivamente mais agudos, não he preciso senão considerar o instrumento como hum tubo aberto pelas duas extremidades. No caso do som fundamental representado por 2, tal he o gráo de pressão que o muzico dá a seus beiços, que a ordem das vibrações que resultão, se desenvolve em huma extensão igual á ametade do tubo: nelle se fórma hum repartimento de ar estaccionario, ou hum nó, passado o qual as mesmas vibrações começão de novo em sentido contrario.

Por ventura o muzico augmenta a pressão de seus beiços até ao gráo que corresponde á oitava acima do som fundamental? A nova ordem de vibrações relativa a este som não occupará mais que ametade da extensão do precedente: e haverá huma primeira quietação no quarto do tubo, depois outro nos tres quartos; de sorte que a primeira, e a ultima parte representaráõ hũm tubo tapado por huma extremidade, e a parte intermediaria hum tubo ta-

pado pelas duas extremidades, porém d'um dobrado comprimento; e desta sorte a reunião equivalerá a quatro tubos tapados por huma extremidade, que todos estaráõ em unisonancia, e cada hum dos quaes dará o som 4.

DIV. Nos sons mais elevados, o tubo se repartirá successivamente em 6, 8, 10 partes iguaes que se poderáõ comparar a ourros tantos tubos tapados por huma extremidade. Os tubos extremos serão sós, e os intermediarios se embocarão dois a dois, para comporem tubos fechados pelas duas extremidades, e dobrados dos tubos extremos. Haverá pois hum nó no lugar de cada diafragma e hum bojo no meio da distancia entre os dous diafragmas vizinhos. As vibrações que tiverem sua origem em hum mesmo nó, se farão de huma e outra parte por movimentos contrarios, porém elles terão lugar no mesmo sentido dos dois lados d'hum mesmo ventre.

O muzico tentará de balde tirar do instrumento qualquer outro som, cujo gráo não se achasse na escalla desta lei; e se elle conseguisse isto, seria por hum artificio particular, que produzisse o mesmo effeito que se a fórma do instrumento fosse mudada, como quando o que toca a trompa de caça mette a mão no pavilhão.

DV. Huma nova experiencia, que confirma a theoria, consiste em fazer em hum tubo sonoro hum buraco lateral no lugar d'hum nó: ainda que se deixe este buraco aberto, o som será o mesmo; porém se o buraco for em outro sitio, o gráo do som subirá, porque o ar não estando em descanço neste lugar, huma parte se espalhará por fóra pelo effeito das vibrações, que experimentando menor resistencia que quando o tubo não era furado, acceleraráõ seu movimento. Isto póde servir para fazer conceber em geral o principio a que se reporta a construcção das flautas e outros instrumentos semelhantes, dos quaes se tirão differentes sons, segundo que se tapão ou se abrem com preferencia certos boracos.

DVI. As oscillações que o som excita nos tubos conicos differem, em certas couzas, das que tem lugar nos cylindricos. O que elles tem sobre tudo de particular consiste em que os movimentos do ar de que ellas dependem vão sempre diminuindo desde o cimo; de sorte que as sortidas das differentes camadas são por si mesmo sempre mais pequenas, e seguem a razão inversa da distancia ao cume.

Mas esta differença não altera nem a distancia entre os bojos, que por toda a parte são iguaes, nem a dura-

ção das vibrações, que conservão tambem sempre seu isochronismo.

DVII. Appliquemos agora esta theoria á propagação do som. Em cada raio sonoro, tudo passa como em hum tubo conico no qual o ar faz suas vibrações, isto he, que elle tem successivamente nós, e pontos a que correspondem as maiores sortidas.

Como ha hum ventre na origem do cone, e todos os ventres são igualmente distantes, nós podemos dividir, idealmente, o cone inteiro em huma serie de cones truncados, iguaes em largura, cada hum dos quaes terá dois ventres em suas bazes, e hum nó no meio. Bernoulli dá a estes cones o nome de *concamerações*.

DVIII. No momento em que o corpo sonoro for posto em vibração, todo o ar não será posto em movimento ao mesmo tempo em cada hum dos cones que tem seus cumes nos differentes pontos deste corpo; e não será senão na primeira concameração: quando este tiver feito huma oscillação, elle principiará a sacudir o ar da segunda concameração; e no fim de huma nova vibração, o ar será sacudido da terceira, e assim por diante. Vê-se por isto, porque a vibração do ar não he instantanea, porém exige hum certo tempo que se torna sempre maior, á medida que a distancia augmenta.

As oscillações que tem lugar nas differentes concamerações successivas, são perfeitamente isochronas. Demais, todas as concamerações são iguaes em comprimento. Logo o som deve correr, com huma velocidade uniforme, a serie de todas estas concamerações, que até aqui era hum facto para explicar.

Porém á medida que as concamerações se alongão do cume, os movimentos do ar que produzem as pequenas oscillações parciaes de que cada oscillação total he composta, vão diminuindo, se bem que o isochronismo subsiste sempre; donde se segue que a huma maior distancia o orgão será mais fracamente abalado, e o som menos percebido, de sorte que em huma certa distancia, deixará de se entender.

DIX. Ou seja o som forte ou seja fraco, a duração, das vibrações, e o comprimento das concamerações sempre serão as mesmas, porque só o gráo do som he que determina hum ou outro, assim como he facil concluir, de que o tom dado por hum tubo he o mesmo, qualquer que seja a força do sopro que põe o ar em vibração, com tanto que a abertura dos beiços seja a mesma,

DX. Suppondo-se dois sons em oitava hum do outro, que se fação perceber successivamente ou ao mesmo tempo, as concamerações relativas ao som agudo serão huma vez mais curtas que as que correspoudem ao som grave; haverá logo huma vez mais em hum espaço dado. Porém as oscillações do ar se acabaráõ em hum tempo huma vez mais curto, do que se segue que ellas empregaráõ o mesmo espaço de tempo para se propagar a mesma distancia; e desta sorte o gráo do som não influe em sua velocidade, o que concorda igualmente com a observação.

Da Maneira como os Sons simultaneos se propagão sem se confundirem.

DXI. No que viemos de dizer se considera os sons solitarios. Porém quando muitos corpos soão ao mesmo tempo; quando em hum concerto, por exemplo, muitos instrumentos e muitas vozes dão ao mesmo tempo sons de diversos gráos, como acontece que as vibrações que resultão, se encontrão passando a travez do ar, sem se destruirem ou derrotarem por hum choque mutuo, e que depois cada hum delles continúa seu caminho até ao ouvido, como se elle tivesse achado livre passagem?

Os physicos modernos procurarão resolver esta difficuldade, adoptando a idéa de Mairan, que suppunha o ar formado de particulas de immensas grossuras differentes, cada huma das quaes não era capaz senão de receber e de transmittir as vibrações relativas a hum som particular. Assim, quando muitos sons concorrem em huma mesma harmonia, ou de qualquer outro modo, cada hum delles não se dirigia senão ás particulas que estavão em sua unisonancia, e exercia nellas huma acção independente da que soffrerião as moleculas de hum diametro differente. Mas sem recorrer a esta suppozição gratuita, que, para desenvolver hum facto complicado, emprega huma complicação d'outro genero, e não tira a difficuldade senão transportando-o a outra; nos achamos, na mesma theoria que nós expuzemos, huma maneira satisfatoria de explicar a distincção dos sons simultaneos.

DXII. Esta explicação tende para a observação geral, que todos os pequenos movimentos que tem pontos de concurso se sobrepõe, de alguma sorte, huns sobre os outros sem se confundirem. Para esclarecer esta idéa, consideremos dois raios sonoros, que se encontrem em differentes direcções; o movimento se comporá no pequeno es-

paço em que se cruzarem, de maneira que as pequenas oscillações que tem lugar em hum raio, produzirão, nas moleculas situadas no ponto de concurso, outras oscillações em diagonal. Imaginemos hum observador cujo olho fosse capaz de perceber o progresso das oscillações, e supponhamos que este olho faça pequenos movimentos oscillatorios semelhantes aos que as moleculas de hum dos dois raios farião no lado analogo do parallelogrammo, cuja diagonal he descripta em virtude do movimento real. Este olho verá oscillar as moleculas que seguem este movimento, como se ellas fossem movidas na direcção do outro lado do parallelogrammo, isto he, que o olho tendo por si mesmo hum dos movimentos que se compõe na diagonal, e este movimento sendo julgado destruido de sua parte, elle não receberá senão a impressão do outro movimento. Ora he facil de concluir que as moleculas do ar situadas além do concurso dos dois raios, aos quaes o movimento que existe só para o observador se communicaria, se ahi não houvesse senão o raio sonoro dirigido segundo este movimento, não deixarião de o receber ainda, pois que ellas estão na direcção em que as vibrações que se fazem no sentido da diagonal devem, decompondo-se, produzir este mesmo movimento. Póde-se applicar este raciocinio a outro raio sonoro, donde se vê que as vibrações, depois de serem confundidas em hum espaço quazi infinitamente pequeno, devem-se separar, e recuperar seu primeiro alinhamento, como se ellas não tivessem tido nada de commum (1).

---

(1) Para esclarecer de novo esta explicação, concebamos que *ac*, *bc* (fig. 44), reprezentão as direcções dos dois raios sonoros que se cruzão no ponto *c*, e que *mc*, *hc* medem as extensões das pequenas oscillações que tem lugar perto do ponto de concurso. Os movimentos devidos a estas oscillações se compoem no mesmo ponto, de maneira que o movimento unico que resulta se transporta para as moleculas situadas immediatamente abaixo de *c*, e ahi faz nascer outras oscillações no sentido diagonal *cr* d'hum pequeno parallelogrammo *cnrs*, determinado pelas linhas *cn*, *cs*, situadas nos prolongamentos das linhas *hc*, *mc*, e iguaes a estas. Agora as oscillações em diagonal se resolvem no ponto *r* em dois movimentos, cujo effeito he tal, que as moleculas situadas nas linhas *rt*, *ru*, paralle-

DXIII. Por hum mecanismo do mesmo genero he que as oscillações successivas que se produzem n'agua, em que se tem lançado muitas pedras, passão huma por cima da outra sem se confundirem, e produzem circunferencias que se entreceptão. O mesmo não tem lugar nos grandes movimentos em que as moleculas situadas no ponto de concurso, recebendo impulções fortes em differentes sentidos, são levadas de sua parte por hum movimento que as aparta totalmente de suas primeiras direcções.

DXIV. Tal he o termo a que nos conduz a theoria: mas o que resta de inexplicavel, he esta especie de dispozição do ar, para tomar, de alguma sorte, o cunho dos differentes caracteres de que hum mesmo tom he susceptivel, em razão dos diversos corpos que o dão, e por se modificar de tantas maneiras, levando ao ouvido os sons ternos e doces de tal instrumento, os sons mais nobres e vigorozos de outro, e os accentos infinitamente variados da voz humana. Não se sabe qual se deve mais admirar, ou a natureza do fluido que prehenche estas differentes mensagens com huma tão exacta fidelidade, até nos menores detalhes, ou a do orgão que decirne tudo com huma tão grande delicadeza de tacto, e contém em suas fibras as unisonancias de tantas variações particulares.

VI. DA ELECTRICIDADE.

DXV. A electricidade he hum ramo dos nossos conhecimentos que os physicos modernos tem cultivado com mais assiduidade e successo. Ella não era ainda conhecida, no

---

las huma a *bc*, e a outra a *ac*, são incitadas a fazer pequenas oscillações iguaes ás primeiras, nos sentidos das mesmas linhas *rt*, *ru*. Ora, o espaço em que todos estes movimentos se executão sendo quazi infinitamente pequenos, as linhas *rt*, e *ru* estão sensivelmente nas mesmas direcções que as linhas *bc* e *ac*; de sorte que as oscillações que tem lugar no sentido destas linhas se julgão propagar-se, em seus prolongamentos, além do ponto de concurso *c*. Assim os resultantes de todos os pequenos movimentos decompostos podem ser considerados como linhas infinitamente pequenas, ou simples pontos, que não fazem mais que transmittir estes movimentos, sem alterar as direcções.

principio do ultimo seculo, senão pelas attracções e repulsões que o vidro, o alambre (1), as rezinas e outras substancias exercião nos corpos leves que se apprezentavão á sua acção, e por hum fraco clarão que a fricção soltava destas substancias. Quazi 30 annos depois, os trabalhos de Dufay e de Grey, fizerão huma destas epocas fecundas, em que huma sciencia principia a desenvolver-se com hum progresso rapido, e em que as descubertas parecem apressar o sequito humas das outras. Hum exame mais rigoroso dos phenomenos, conduzia a estabelecer a importante distincção entre os corpos que transmittem o fluido electrico, e os que recuzão propaga-lo: huma melhor construcção de maquinas, prestou novas facilidades para se estudar seus differentes modos de obrar: huma descoberta não pensada fez experimentar aos entes animados, a energia deste poder interior que exerce nelles, pelo simples contacto dos vazos onde elle se accumula: por fim os physicos supposerão que estes phenomenos que havia empenho de hir ver, mesmo por divertimento, não erão senão huma imitação, em pequeno, das explusões do raio, e, para verificar esta admiravel analogia, Francklin achou no poder das pontas, o segredo, de arrebatar o raio á mesma nuvem que em si o continha, e o offerecelo á observação, debaixo da fórma e com todos os caracteres de fluido posto em acção por nossas maquinas.

DXVI. A' medida que os factos se multiplicavão, tratava-se de explicar e conceber sua mutua dependencia. Dufay tinha reconhecido duas electricidades differentes, huma que elle chamava *vitrea*, porque era produzida pela fricção do vidro; a outra que elle chamava *rezinoza*, porque se excitava pela fricção da rezina e de outras substancias, animadas d'huma mesma especie d'electricidade, se repellião, e attrahião as que possuião a outra especie d'electricidade. Esta idéa que foi depois reproduzida por Symmer, e conduzida de novo á hypothese de dois fluidos coexistentes em hum mesmo corpo, era, por assim dizer, a baze da verdadeira theoria. Francklin, apprezentando as acções electricas debaixo de hum ponto de vista differente, pela sua dotrina da electricidade positiva e negativa,

---

(1) O nome *d'electricidade* foi derivado da palavra *electrum*, pela qual os antigos designavão o ambar, chamado tambem *ambar amarello*.

fez huma applicação feliz á experiencia da botelha de Leyde, cuja descarga elle reduzio a hum simples restabelecimento d'equilibrio. Esta maneira mecanica de conceber hum facto que possuia então o primeiro lugar entre as maravilhas da electricidade, attrahio muitos partidistas para o phylosopho de Philadelphia. Æpinus, hum dos mais distinctos d'entre elles, applicando o calculo á sua doutrina, a fez mais rigoroza, e formou huma união mais bem ligada de todas as observações já conhecidas; elle mesmo descobrio muitos factos dignos d'attenção, e mereceo desta maneira duplicadamente á sciencia, como geometra e como physico. Elle lhe fazia serviços ainda d'outra maneira, preparando a estrada a Coulomb, que, depois de ter partido do ponto em que Æpinus tinha parado, venceo elle só huma carreira totalmente nova. Munido de hum apparelho cuja invenção lhe he devida, e que reune ao merecimento da simplicidade, o de huma exactidão até então desconhecida, determinou, por experiencias decizivas, a lei segundo a qual varião os attracções e repulsões electricas, em razão da distancia; e esta lei se achou ser a mesma que a da gravitação universal, descoberta por Newton nos espaços celestes. A theoria assim estabelecida sobre huma baze solida, foi applicada, pelo mesmo physico, ao modo como o fluido electrico se reparte entre differentes corpos, e a outros effeitos que apenas se percebião.

DXVII. Tal era o estado dos nossos conhecimentos relativamente á electricidade, quando as experiencias de Galvani attrahião a attenção de toda a Europa sabia, por phenomenos mui notaveis por sua intima ligação com os movimentos da economia animal, e que logo inspirarão hum augmento de interesse pelas suas relações com hum dos melhores resultados da chimica moderna. A theoria tinha necessidade de ser augmentada, para se extender á explicação destes novos phenomenos; e estava reservado para o celebre Volta de alongar os limites da sciencia, pela descoberta d'hum principio que tinha escapado á sagacidade dos physicos.

1. Da electricidade produzida pela Fricção ou pela Communicação.

Noções geraes.

Antes de entrar no desenvolvimento da theoria, he precizo recordar-nos de algumas noções que devem sempre estar prezentes ao espirito para bem concebe-la.

Differença entre os Corpos conductores e os Corpos não conductores.

DXVIII. Distinguem-se em geral duas classes de corpos, relativamente á communicação do fluido electrico. Huns, que se chamão *corpos conductores*, como são os metaes e os liquidos, á excepção do oleo, trasmittem com mais ou menos facilidade este fluido aos outros corpos da mesma classe que estão em contacto com elles. Os outros, que se chamarão corpos não conductores, taes como o vidro, o alambre, o enxofre, as rezinas, a seda, &c. que retem o fluido como prezo em seus poros, sem o deixar espalhar pelos corpos ambientes.

DXIX. Nós devemos a Grey e a Wheeler, a descoberta desta notavel differença entre os corpos relativamente á communicação da electricidade (1). Estes dois physicos pensavão que todos os corpos erão dotados indistinctamente da virtude electrica; e tentando propaga-la a huma grande distancia, elles imaginarão suster huma corda de linho canhamo que devia servir de conductor, sobre hum cordel de seda delgado estendido horizontalmente, com a idéa de que este cordel não deixasse escapar mais que hum filete de electricidade, proporcionado á pequenez do seu diametro, de sorte que huma grande quantidade de fluido seria transmittido pela corda de linho. Este tinha oitenta pés de comprimento, e passava pelo cordel, de modo que huma de suas partes, sómente do comprimento de quatro pés, descia verticalmente, sustendo huma bo-

(1) Histoire de l'Electricité, par Priestley, t, 1, p. 55.

la de marfim preza na sua extremidade. A outra parte se extendia ao longo de huma grande galaria, em huma direcção horizontal, até a hum tubo de vidro ao qual se tinha atado. Em quanto hum dos physicos esfregava este tubo, outro via hum frouxel de penna, posta sobre a bola, conduzir-se para ella por attracção, e ser immediatamente repellido. Porém tendo-se quebrado o cordel de seda, Grey, que não tinha outra á mão, poz em seu lugar hum fio metallico, e desde este momento todos os effeitos desaparecerão. Os dois physicos comprehenderão logo, que o obstaculo que tinha opposto o cordão de seda á perda da electricidade, dependia, não da delicadeza do fio, mas sim de sua propria natureza; e o que elles tinhão olhado como hum accidente, trocou-se em huma fortuna na sua idéa.

DXX. Diz-se que hum corpo electrico está *isolado*, quando he sustentado por hum corpo não conductor, ou que está suspenso por hum fio de seda. Esta isolação se pratica principalmente quando se querem electrizar os corpos conductores, interceptando-se desta fórma a communicação com os outros corpos conductores que, por seu contacto, roubarião o fluido de que elles se carregassem.

DXXI. Os corpos não conductores possuem de mais esta propriedade, que quando se esfrega hum delles, produz-se na sua periferia huma affeição de fluido electrico, susceptivel de manifestar sua prezença. Tem-se dado tambem aos corpos não conductores o nome de corpos *idio-electricos*, isto he, *electricos por si mesmo*, e aos corpos conductores, o de corpos *analectricos*, isto he, não electricos, excepto por communicação.

DXXII. De resto, faz-se muito precizo que haja huma linha clara de separação entre as duas classes que formão os corpos, relativamente á communicação do fluido electrico. Demais; porque não ha algum corpo que seja, ou perfeitamente idio-electrico, ou perfeitamente conductor, existe entre os que mais se approximão dos dois limites, infinitos intermediarios, que participão mais ou menos da propriedade idio-electrica e da propriedade conductora. Ha mesmo tal especie de corpo, em que a relação entre huma e outra propriedade varía sensivelmente, segundo as circunstancias; e de ordinario esta variação he devida a huma mistura de moleculas conductoras, interpostas entre as de hum corpo naturalmente idio-electrico, ou reciprocamente. Assim o ar atmospherico, que, suppondo-o muito secco, possuiria, em hum alto grão, a propriedade idio-electrica, está de ordinario carregado de

vapores aquozos conductores que lhe fazem perder esta propriedade, em proporção de sua abundancia. He por esta razão que hum ar humido he tão pouco favoravel ás experiencias electricas, porque apossando-se do fluido que se desenvolve em roda do apparelho; o empede chegar a este grão de accumulação, de que depende ao mesmo tempo sua energia e o successo das experiencias.

DXXIII. Não devemos omittir, que os corpos conductores quando estão issolados, adquirem a propriedade electrica pela fricção de hum corpo não conductor. Porém o fluido de que elles se sobcarregão, neste cazo, he fornecido pelo corpo com que se esfrega, de sorte que o corpo conductor não faz outra couza mais do que recebe-lo por communicação. Quando este corpo não sendo isolado, he esfregado com hum corpo não conductor, tambem se desenvolve fluido que he roubado pelo primeiro corpo, mas que o transmitte logo aos corpos ambientes, com quem elle está em communicação.

Noção da Maquina Electrica.

DXXIV. Sobre os principios que viemos de expôr he que he fundada a construcção de nossas maquinas electricas. Na que prezentemente está em uzo, a electricidade he produzida pela fricção que fazem muitas almofadas nas duas superficies de huma roda de vidro, fixa a hum eixo, ao qual huma manivella que a faz mover imprime hum movimento de rotação. O fluido electrico, á medida que se desenvolve, he attrahido por pontas de ferro postas horizontalmente a huma pequena distancia de huma das faces da roda, e dahi se espalha pela superficie de hum cylindro de cobre, ao qual se deo o nome de *conductor*. Este cylindro he sustentado por duas columnas de vidro, que sendo de huma natureza não conductora, se oppõe á dissipação do fluido de que o conductor está carregado; e o fluido não podendo de mais escapar a travez do ar ambiente, que, por sua natureza, recuza tambem transmittilo, se accumula até hum certo grão em roda do conductor; de maneira que se se approxima o dedo ou hum corpo qualquer que seja conductor, a prezença do fluido electrico se annunciará por huma faisca.

Dos dois Fluidos de que se suppõe ser composto o Fluido Electrico.

DXXV. A hypothese que havemos empregar na explicação dos phenomenos, consiste em considerar, com Symmer (1), o fluido electrico composto de dois fluidos differentes que existam neutralizados hum pelo outro, no estado ordinario dos corpos, e que se separão quando os corpos dão signaes de electricidade. De resto, he precizo confessar que a existencia destes dois fluidos não he fundada em razões tão admissiveis como a do mesmo fluido, que se suppõe aqui resultar de sua reunião. Porém a adopção destes fluidos nos conduz a hum methodo simples e plausivel de reprezentar os resultados da experiencia, e salva as difficuldades em que, como logo veremos, nos expomos cahir, estabelecendo qualquer outra hypothese.

Em geral a maneira de obrar dos mesmos fluidos he tal, que as moleculas de cada hum se repellem mutuamente e attrahem as do outro fluido. Resultão quatro combinações differentes d'acções entre os fluidos de dois corpos; a saber, duas repulsões e duas attracções, de que dependem os movimentos pelos quaes os corpos por si mesmo se approximão ou se afastão huns dos outros, como logo explicaremos com mais miudeza.

DXXVI. Todos os corpos da natureza contém fluido electrico. O globo terrestre he como hum manancial inexhaurivel, o que faz com que se dê a este globo, o nome de *reservatorio commum*, quando se trata de sua intervenção nos phenomenos electricos. Cada corpo possue huma certa quantidade do mesmo fluido que depende de sua natureza, e que nós chamamos por esta razão, *a quantidade de fluido natural* deste corpo. Se por effeito de qualquer circunstancia, este fluido soffrer alguma decompozição, o corpo se acha electrizado; donde se vê que he precizo não confundir hum corpo que está no estado natural, com hum corpo que não tem mais que sua quantidade natural de fluido, pois que a decompozição deste póde fazer sahir o corpo do seu estado natural, sem alguma addicção de fluido estranho. Mas o corpo póde tam-

---

(1) Phylosoph. Transact., t. LXI, part. I., p. 340 e seg.

bem passar a electrico, em virtude de huma quantidade superabundante de hum outro dos fluidos componentes, que elle tenha recebido por communicação.

Principios da Theoria de Franklin.

DXXVII. Comparemos agora a opinião de Francklin, a respeito da electrização dos corpos, com a maneira de conceber o mesmo phenomeno, na hypothese adoptada. Este celebre physico considerava o fluido electrico como hum ente simples; e na passagem de hum corpo ao estado d'electricidade, podia acontecer de duas couzas huma: ou o corpo recebia de fóra huma quantidade de fluido que se ajuntava á quantidade natural, e neste cazo, dizia-se que este corpo estava electrizado *positivamente*; he isto o que acontecia ao vidro, e a muitas outras substancias por effeito da fricção: ou o corpo perdia huma porção de seu fluido natural, e logo elle se achava electrizado *negativamente*. Este era o cazo da cera d'Hespanha, da rezina, da seda, &c, quando se esfregavão. Daqui vem tambem, as expressões *d'electricidade positiva*, e *d'electricidade negativa*, empregadas por Francklin, para designar os dois estados oppostos de que viemos de fallar; logo veremos que hum mesmo corpo póde tambem segundo as circunstancias, passar a hum a outro destes dois estados.

Ora na nossa hypothese, todos os effeitos attribuidos por Francklin á electricidade pozitiva ou a huma superabundancia do fluido unico admittido por este sabio, serão produzidos pela acção de hum dos dois fluidos componentes, no estado livre, e os effeitos que dependião, segundo elle, da electricidade negativa ou da subtracção de huma parte do fluido total, serão devidas á acção do outro fluido compenente. Por consequencia, chamaremos o fluido relativo á primeira especie d'electricidade, *fluido d'electricidade vitrea*, ou simplesmente *fluido vitreo*, e daremos ao fluido que determina a outra especie d'electricidade, o nome *de fluido d'electricidade rezinoza*, ou abreviando, *de fluido rezinozo*. Esta lingoagem he quazi a mesma que empregava Dufay, em hum sentido menos decidido; e porque nos faltão conhecimentos sobre a natureza destes dois fluidos, cuja existencia não está mesmo demonstrada, não podemos fazer melhor do que tirar-lhes os nomes dos corpos que as fornecem de huma maneira particular.

DXXVIII. Devemos prevenir que he precizo não con-

fundir os dois fluidos que adoptamos aqui, com as duas correntes, huma de materia effluente e a outra de materia affluente que Nollet tinha imaginado para explicar os phenomenos electricos. Estas duas correntes pertencem a hum mesmo fluido, e se lançava hum do conductor para os corpos ambientes, e o outro destes para o conductor. Esta-se longe, sem duvida, destas hypotheses, que empregavão os effluvios cujas acções, izentas de toda a lei e de todo o methodo rigorozo, não conduzião senão a explicações vagas de huma parte de phenomenos, e se tornavão defeituozos por outros, nestas theorias fundadas em forças cuja medida he dada pela experiencia, e cujos differentes effeitos são determinados pelo calculo com huma exactidão que poderia faze-los predizer.

Variedades que apprezentão os Corpos electrizados pela Fricção.

DXXIX. Dois corpos idio-eletricos se constituem, por sua mutua fricção, em dois estados differentes d'electricidade, e as circunstancias que determinão cada hum delles a adquirir com preferencia tal especie d'eletricidade, dependem de certas cauzas que não he sempre facil conhecer. O vidro e as materias em que o caracter vitreo he bem claro, como o cristal de roca e as pedras preciozas, adquirem quazi sempre a electricidade vitrea, qualquer que seja o corpo com que seja esfregado: dizemos quazi sempre; porque tem-se observado que o vidro esfregado com o pello do gato se electriza rezinozamente. D'outra parte, a rezina, o enxofre, a cera d'Hespanha adquirem a electricidade rezinoza, pela fricção d'huma materia idio-electrica qualquer. Porém nisto ha huma restricção a fazer, ao menos relativamente ás substancias vitreas, que não manifestão a electricidade vitrea, depois de serem esfregadas, senão quando sua superficie he liza e polida. Assim o vidro que foi despolido se electriza rezinozamente, pela fricção com as mesmas substancias que d'antes lhe communicavão a electricidade vitrea. Em geral, sendo tudo igual, as substancias que tem sua superficie aspera, parecem ter huma tendencia mais notavel para a electricidade rezinoza. Quando se esfrega huma fita de seda branca com outra de côr preta, a primeira se electriza vitrozamente, e a segunda rezinozamente, o que o celebre Ingen-Housz attribue á materia colorante da fita preta, composta de mo-

leculas que dão huma certa aspereza á superficie desta fita (1).

DXXX. Entre os corpos metallicos isolados, que se esfregão com huma substancia de huma natureza determinada, como hum pedaço de panno, huns, como o zinco e o bismuth, adquirem a electricidade vitrea; e os outros, como o estanho e o antimonio adquirem a electricidade rezinoza. Citamos com preferencia estes metaes, como sendo aquelles que dão mais constantemente os mesmos resultados. Porque observa-se, neste genero de experiencias, anomalias singulares; de sorte que tal pedaço de metal, nas mesmas circunstancias, adquire algumas vezes huma electricidade differente da que tinha em outra occazião manifestado.

DXXXI. A mesma diversidade tem lugar relativamente a certos corpos idio-electricos. Algumas vezes tambem a fricção faz nascer constantemente huma especie d'electricidade em tal pedaço de huma substancia, e determina constantemente huma differente em outro pedaço em tudo semelhante ao primeiro. Nós não conhecemos algum corpo em que este genero d'anomalias tenda a variações tão delicadas e tão imperceptiveis, como o mineral chamado communmente *cyanites*, e que chamamos *disthene* (que tem duas virtudes). Entre os diversos cristaes deste mineral, huns adquirem sempre a electricidade rezinoza, pela fricção, e os outros a electricidade vitrea, e em alguns, as duas especies d'electricidade contrastão entre si nas duas faces oppostas, sem que nem o olho nem o tacto possão divizar, no brilho e polido das faces, o mais leve indicio desta differença d'estados.

Circunstancias em que os Taffetás gommados adquirem a Electricidade vitrea.

DXXXII. O professor Libes descobrio hum methodo particular de excitar a virtude electrica no taffetá gommado, de que se fazem as fitas que se electrizão pela fricção, para carregar as pequenas botelhas, com que se fazem as experiencias de Leyde que ao depois descreveremos. A substancia que cobre a superficie deste taffetá fórma huma especie de verniz pegajozo, por intermedio do qual o taf-

(1) Nouvelles Expr. et Observ. sur divers. objects de Physique, t. I., p. 5.

fetá contrahe huma adherencia com os corpos que se lhe applicão, por pressão, á sua superficie, de tal fórma que he precizo fazer depois hum certo esforço para os destacar, e esta operação he acompanhada de hum certo ruido analogo ao de hum tecido resecado.

Sabe-se que o taffetá gommado adquire a electricidade rezinoza pela fricção ordinaria: porém Libes observou que applicando simplesmente á superficie desta especie de tecido hum disco de metal fixo pelo meio de hum cylindro de vidro pelo qual se lhe pega, para que o disco fique isolado, o taffetá, depois de sua separação deste disco, se acha electrizado vitrozamente, ficando pelo contrario o disco no estado rezinozo. Huma e outra electricidade tem tanto mais energia quanto for maior a pressão com que o disco he applicado. Parece que nesta experiencia a resistencia que a especie de verniz oppõe ao esforço que obra em separar o disco, excita nas particulas deste verniz huma especie de movimento, cujo effeito he analogo ao da fricção, com esta differença notavel, que a electricidade adquirida pelo taffetá, he de huma especie differente da que a fricção lhe faz crear, ainda mesmo no cazo em que se empregasse, como esfregador, o disco de metal.

Eis-aqui hum methodo para verificar esta experiencia que faz sobresahir melhor os resultados. Esfrega-se o taffetá com o disco de metal; o primeiro adquire logo a electricidade rezinoza, e o segundo a vitrea; applica-se depois o disco, por pressão, ao taffetá, acha-se que cada hum possue ainda a mesma especie d'electricidade, porém em hum gráo mais fraco. Repetindo-se as pressões, chegasse a hum termo em que a electricidade he zero de huma e outra parte, e além deste termo, o taffetá passa ao estado vitreo e o disco metallico ao estado rezinozo.

Substituindo-se em lugar deste disco huma roda de vidro o taffetá adquire ainda a electricidade vitrea, e a do vidro he rezinoza, isto he, são huma e outra de huma especie opposta á que teria lugar pela fricção ordinaria.

Os factos interessantes de que viemos de fallar parecem tanto depender da resistencia a separarem-se que empregando-se hum taffetá que tenha perdido sua virtude glutinoza pela desicação, de sorte que não contraia alguma adherencia sensivel aos outros corpos, a applicação do disco nelle não produz electricidade.

Tensão electrica.

DXXXIII. Dá-se o nome de *tensão electrica* á força repulsiva com a qual as moleculas do fluido vitreo ou rezinozo espalhado pela superficie de hum corpo, tendem a separarem-se humas das outras. Esta força he proporcional á densidade do fluido, ou ao numero das moleculas contidas em hum espaço dado. Supponhamos dois corpos, que estejão carregados, por exemplo, de elecricidade vitrea. Applicando-se á superficie de cada corpo hum pequeno disco metallico, fixo á extremidade de huma agulha de gommalaca, para o ter isolado, as quantidades de fluido que os dois discos, suppondo-os iguaes, roubarem aos corpos em questão, estarão entre si como as tensões dos mesmos corpos; e empregando, para as medir, os meios de que ao depois fallaremos, poder-se-ha determinar a razão entre as mesmas tenções.

Da Lei que seguem as Acções Electricas relativamente á Distancia.

DXXXIV. As forças dos dois fluidos que compõe o fluido electrico obrão como já dissemos (516), em razão inversa do quadrado da distancia. Esta lei tinha sido já apercebida por muitos physicos, e em particular por Æpinus, que dizia que se elle tivesse a escolher daria preferencia a esta mesma lei, porque havia analogia com ella (1). Por isto se vê que elle prezumia que o principio dos movimentos celestes devia estender-se por todas as acções á distancia, e quanto mais esta idéa era bella e satisfatoria, mais era a dezejar que ella podesse tornar-se huma verdade de facto.

Coulomb a demonstrou ao mesmo tempo nas acções electricas, e nas que dependião do magnetismo. Elle deo ao apparelho de que se servio nas experiencias relativas á electricidade, o nome de *balança electrica*, que lhe convem perfeitamente, porque dá o meio de estabelecer o equilibrio entre huma força electrica, e outra força, cujas mais pequenas quantidades são susceptiveis de serem medidas com muita exactidão.

Esta força he a que se chama *força de torsão*. He

(1) Tentamen Theoriæ Elecricit. et Magnet., p. 38.

o esforço que faz hum fio que foi torcido, para se destorcer e tornar ao seu primeiro estado. Seja *ac* (fig. 45) hum fio de metal ou de qualquer outra materia, ao qual se tenha suspenso, pelo meio, huma pequena alavanca *bd*; supponhamos que estando esta alavanca em descanço, principia a voltar á roda do ponto *c*, descrevendo arcos de circulo com suas duas extremidades. O fio se torcerá ao mesmo tempo de hum numero de gráos igual ao que he comprehendido em cada hum destes arços, e querendo-se conservar neste estado de torsão, será precizo applicar a huma ou outra das extremidades *b*, *d*, da alavanca, huma resistencia que contrabalance o esforço deste fio; para chegar ao ponto em que, a alavanca sendo immovel, a torsão seja nulla. Ora Coulomb provou que, sendo tudo igual, este esforço, que elle chama *força de torsão*, era proporcional ao angulo de torsão: concebamos, por exemplo, que no cazo de que viemos de fallar, o arco descrito pelo ponto *b* ou *d*, ou, o que he o mesmo, a quantidade de torsão seja de 30°, e designemos por *r* a resistencia capaz de fazer equilibrio com esta torsão; suppondo-se huma torsão duplicada, em virtude de hum arco de 60°, será precizo, para que haja ainda equilibrio, que a resistencia seja igual a 2*r*.

Descripção e Uzo da Balança Electrica.

DXXXV. O apparelho empregado por Coulomb he composto principalmente de huma grande caixa de vidro AC DB (1), (fig. 46.), coberta com huma tampa da mesma materia. No meio desta tampa está fixo hum tubo vertical *febh*, igualmente de vidro, e surmontado de hum tubo do mesmo metal. Este sustenta huma chapa *ly* furada no meio, por onde recebe huma pequena hastea á qual está fixa huma agulha *ol*, que se volta ao mesmo tempo que a hastea. A borda da chapa *ly* he dividida em 360° no sentido *lky*. A hastea tem na outra extremidade huma pequena pinça que agarra hum fio de prata mui delicado *pn*, na extremidade do qual está suspenso hum pequeno cylindro de cobre *nt* para o conservar bem estendido. Este cylindro he de mais fendido no seu comprimento, e

(1) Póde-se, á vontade, dar a esta caixa huma figura cylindrica, tal como a reprezenta a figura, ou huma fórma cubica.

faz tambem o officio de huma pinça, que sustenta huma pequena alavanca *ag*, da qual hum dos braços, isto he, *na*, he feito de hum fio de seda encapado e endurecido com gomma-laca, e terminado por hum pequeno plano circular *a* de papel dourado. O outro braço he hum fio de cobre *ng*, que não tem mais que o comprimento necessario para que a alavanca se sustenha em huma pozição horizontal. Na torsão imprimida ao fio metallico *pn* he que consiste a força que serve a medir a dos corpos electricos da qual ella balança o effeito.

A tampa AC he furada em *m*, a travez da qual passa hum segundo fio de seda, igualmente preparado com gomma-laca, e posto na direcção *mt*, quazi vertical, por meio de hum rolozinho *rs* de cera d'Hespanha. Este fio de seda sustenta na sua extremidade inferior *t*, huma bola *x* de cobre, que corresponde ao ponto zero de hum circulo graduado *zq*, applicado em roda da caixa ACDB. Póde-se sempre, por via do tubo de cobre superior, que se faz voltar mui de vagar sobre aquelle em que elle encaixa, dispor tudo de modo que o pequeno plano circular *a* toque a bola *x*, sem que o fio de suspensão soffra alguma torsão.

DXXXVI. Estando as couzas neste estado, passemos a descrever a experiencia feita por Coulomb, na Academia das Sciencias, em 1785. Este physico electrizou primeiramente o circulo dourado *a* e a bola *x* de cobre, tocando-os com hum pequeno conductor carregado de electricidade vitrea, que elle introduzio na caixa por huma abertura nella feita de propozito. No mesmo instante a bolla repellio o pequeno plano circular á distancia 36°, a qual se avaliava segundo a pozição deste plano, relativamente á circunferencia circonscripta á caixa de vidro. Por huma consequencia necessaria, o fio metallico se torcia hum numero igual de gráos. Coulomb continuou a torcello até huma quantidade igual a 126°, fazendo voltar a agulha *ol* preza á hastea que tem este fio suspenso, e facilmente se conceberá que, neste cazo, o movimento de rotação da agulha devia ser em sentido contrario do que tinha feito o circulo dourado.

A força de torsão sendo augmentada consideralvelmente, e a acção repulsiva dos dois corpos não sendo sufficiente para contrabalança-la na mesma distancia, o circulo dourado se approximou da bola até ao ponto em que a força de repulsão se achou de tal modo augmentada pela diminuição de distancia, que o equilibrio se restabeleceo:

e neste momento não havia mais que 18° de distancia entre os dois corpos.

Agora ha que notar que a torsão imprimida de 126°, sendo huma continuação da torsão de 36° já produzida pela repulsão dos dois corpos, subtrahindo-se desta os 18° que medirão quanto o fio se torceo, em quanto o circulo dourado se approximava da bola de cobre, restarão 18°, os quaes, juntos aos 126° de torsão imprimida, darão 144° pela torsão total relativa á segunda pozição dos dois corpos. Porém a torsão que tinha lugar na pozição precedente era de 36°; donde se segue que as duas forças repulsivas que fazião equilibrio a estas torsões estavão na razão de 4 para 1, o mesmo que a de 144 para 36. Ora as distancias correspondentes erão como 18 para 36, ou como 1 para 2; donde se vê que as forças repulsivas seguem a razão inversa do quadrado da distancia.

Esta experiencia foi verificada de differentes modos, segundo outras razões entre as distancias, e todos os resultados se acharão conformes á mesma lei.

DXXXVII. Os pequenos erros inseparaveis dos resultados dados por huma maquina cujos movimentos deixão sempre alguma couza que abater da exactidão geometrica, não escaparão a attenção de Coulomb; por exemplo, a verdadeira medida da distancia entre os dois corpos não he exactamente o arco que os separa, mas sim a corda deste arco. D'outra parte, a acção repulsiva da bola de cobre, relativamente ao circulo dourado, he hum pouco obliqua á alavanca que suporta este circulo. Porém a construcção da maquina tem de feliz, que os dois erros marchão em sentido contrario hum do outro; de sorte que se compensão sensivelmente quando os angulos não são consideraveis.

DXXXVIII. Experiencias analogas provarão que as attrações electricas seguem tambem a razão inversa do quadrado da distancia; e além disso sem recorrer á observação, pôde concluir-se immediatamente a lei das attracções á das repulsões, attendendo ao equilibrio dos dois corpos, cada hum dos quaes não tem mais que seu fluido natural. Como as quantidades d'electricidade vitrea que fazem parte da quantidade de fluido natural são sempre proporcionaes ás quantidades de electricidade rezinoza, do momento em que as repulsões mutuas dos fluidos da mesma especie se fazem na razão inversa do quadrado da distancia, he necessario que as attracções sigão a mesma lei, sem o que não haveria equilibrio.

Tendencia do Fluido Electrico a espalhar-se pela superficie dos Corpos conductores.

DXXXIX. A lei que acabamos de expôr nos conduz a hum resultado mui notavel da electricidade dos corpos conductores. Consiste em que todo o fluido livre que constitue o estado electrico de hum destes corpos, está espalhado pela superficie, sem que exista alguma porção sensivel no seu interior. Esta propriedade se prova não só pelo raciocinio, como tambem pela experiencia, e nós vamos apprezentar successivamente hum e outro modo de o demonstrar, observando com tudo que a prova geometrica não he rigoroza senão para os corpos esphericos, e para alguns outros de que fallaremos. Porém como hum solido de huma figura qualquer póde sempre imaginar-se como circunscripto a hum dos que se trata, o modo como a acção principal he modificada pela materia excedente, não deve influir no resultado senão por huma differença assás pequena.

DXL. A demonstração que nós havemos de dar deste resultado, considerado nos corpos esphericos, depende de dois principios da philozophia Newtoniana. Hum, que nós já fizemos conhecer fallando da attracção (421), consiste em que se todas as moleculas d'huma esphera se attrahem na razão inversa do quadrado da distancia (e he precizo dizer outro tanto de força repulsiva), a somma das acções que ellas exercem em huma particula de materia situada fóra da esphera, será a mesma, como se todas as moleculas que obrão estivessem reunidas no centro da mesma esphera. Tal he, neste cazo, assim como o temos notado, o modo como se combinão as acções que emanão dos differentes pontos da esphera, que ha huma compensação entre as acções mais fracas das moleculas colocadas além do centro, relativamente á particula attrahida ou repellida, e as acções mais fortes das moleculas situadas áquém do mesmo centro; de sorte que o centro he o ponto no qual seria precizo que todas as moleculas se fossem reunir, para exceder huma força media que fosse igual á reunião de todas as forças disseminadas por toda a massa.

O principio que acabamos de expôr não tem lugar senão em virtude de que cada camada de que se póde conceber a esphera como sendo composta desde o centro até á superficie, attrahe ou repelle, como se toda a materia estivesse reunida no centro, de maneira que a propozição

he igualmente verdadeira para huma simples casca esphe-rica que deixa-se hum vazio entre si e o centro.

DXLI. Suppõe-se no outro principio, huma igual casca, cujas moleculas obrassem tambem segundo a mesma lei; porém a molecula attrahida ou repellida, em lugar de se achar fóra desta casca, está situada em qualquer ponto de sua cavidade, e prova-se que então ella he igualmente attrahida ou repellida de todos os lados, isto he, que ella fica immovel na sua pozição; he isto o que Newton demonstrou de huma maneira extremamente simples (1), por meio da construcção seguinte.

Seja *onrs* (fig. 47) a projecção da casca de que se trata, e *m* a molecula; nós supporemos que a casca obra por attracção sobre esta molecula, porque a demonstração se applica por si mesmo á hypothese de huma força repulsiva. Conduzamos por *m* duas linhas *bmc*, *gma*, que interceptem na casca dois arcos infinitamente pequenos *ab*, *cg*, que poderão ser tomadas por suas cordas. Concebamos agora duas porções semelhantes e infinitamente pequenas da casca que tenhão *ab*, e *cg* por diametros. Ellas estarão entre si como os quadrados de seus diametros; e porque as attracções seguem a razão directa das massas e inversa do quadrado das distancias, estarão como $\frac{(ab)^2}{(mb)^2} : \frac{(cg)^2}{(mg)^2}$. Mas por cauza dos triangulos semelhantes *mab*, *mcg*, tem-se $ab : cg :: mb : mg$, ou $(ab)^2 : (cg)^2 :: (mb)^2 : (mg)^2$. Logo $\frac{(ab)^2}{(mb)^2} = \frac{(cg)^2}{(mg)^2}$, isto he, as attracções são iguaes. Ora, suppondo-se a casca dividida em infinitas pequenas porções semelhantes ás precedentes, as attracções de duas dellas situadas dos dois lados oppostos serão tambem iguaes; do que se segue que a molecula *m* não sendo sollicitada mais para hum lado que para o outro, ficará immovel.

A combinação pois das acções produzidas pelas moleculas da casca he tal, que imaginando-se hum plano *tr* que passe pe a molecula attrahida ou repellida, e que vá cortar a casca em duas partes necessariamente desiguaes, as acções da mais pequena porção *tgr* sendo em geral mais

(1) Philosophiæ Natur., Princip. Mathemat., t. I., sect. XII., prop. LXX., théor. XXX.

proximas, e as da maior *tar* exercendo-se a distancias mais consideraveis, resultará huma compensação exacta que equilibrará a molecula submetida a estas acções contrarias.

D.ᵒ I.II. Tudo isto sendo bem concebido, seja dado hum corpo conductor d'huma figura espherica, e cheio de fluido livre de huma ou de outra especie d'electricidade vitrea ou rezinoza, e supponhamos, se he possivel, que haja equilibrio. Segue-se dos dois principios precedentes, que este equilibrio não poderá subsistir hum só momento, e todo o fluido será transportado fóra da esphera.

Seja *os* (fig. 48.) esta mesma esphera; dividamos pelo pensamento, todo o fluido em muitas camadas infinitamente delgadas, que se cubrão mutuamente desde o centro até a superficie, assim como o reprezenta a figura, e consideremos a acção da esphera sobre huma molecula *m* situada na superficie exterior de huma qualquer *den* de suas camadas. A repulsão de todo o fluido contido nesta camada e em todas as outras que estão mais vizinhas do centro, será a mesma que a de huma esphera sobre huma molecula posta na superficie. Deste modo, em consequencia do primeiro principio, esta molecula, e todas as que estão na mesma distancia do centro, tenderáõ a separaremse, e a sahir da esphera. Não poderá pois haver obstaculo para esta tendencia senão da parte das camadas comprehendidas entre a molecula *m* e a superficie exterior *os*. Porém o segundo principio nos diz que as acções destas camadas se destroem mutuamente, relativamente a huma molecula posta mais perto do centro, e por consequencia a acção que se exerce de dentro para fóra, subsistirá toda.

A' medida que o fluido sahir da esphera, formar-se-ha, no meio desta, hum vazio que por si mesmo terá huma figura espherica. Cada molecula situada em huma das camadas intermediarias entre este vazio e a ultima camada estará, relativamente ás outras camadas situadas abaixo, no cazo de huma molecula posta na superficie de huma esphera occa, e estará relativamente ás camadas situadas em cima, no cazo de huma molecula situada no interior de huma esphera occa; donde se vê que a acção das primeiras camadas continuará a sollicita-la a fugir do centro, em quanto a acção das outras camadas, para se oppor, he nulla; e desta fórma todo o fluido que occupava então a esphera, sahirá; e elle se espalharia indefinidamente pelo espaço, senão fosse detido pelo contacto do ar ambiente, que sendo de huma natureza idio-electrica, recuzaria unir-se a elle, e o deteria applicado e condensado

em roda da esphera, debaixo da fórma de huma camada mui delgada.

Em consequencia de não poder subsistir o equilibrio, elle não se poderá estabelecer, e desta fórma não existe para o fluido livre, pertencente a hum corpo conductor, outra maneira de se distribuir que concorde com a lei da repulsão dos moleculas, senão espalhando-se pela superficie deste corpo.

DXLIII. A experiencia serve de baze a esta theoria. Tomai huma esphera occa de metal, na qual se tenha feito abertura circular de 2 ou 3 centimetros de largura, e depois de a ter posto sobre hum isolador, ponde-a em contacto com hum conductor, que electrizeis. Podeis mesmo, para evitar a suppozição de favorecer mais a superficie interior do que não deve, segundo a theoria, dar algum sinal d'electricidade, estabelecer huma communicação entre esta superficie e o conductor. Retirando depois a esphera, sempre sobre o isolador, applicai a hum ponto de sua superficie interior hum pequeno circulo feito d'huma folha de metal, e prezo na extremidade de huma longa agulha de gommalaque. Apprezentai este circulo a hum electrometro muito sensivel o qual ficará immovel. Applicai o mesmo circulo a hum ponto da superficie exterior da esphera, e este circulo apprezentado de novo ao electrometro, nelle produz hum movimento mui notavel; e se este electrometro estiver já electrizado, indica no pequeno circulo, huma electricidade da mesma especie que a do conductor que servio a electrizar a esphera.

He precizo attender que se deve introduzir na esphera, e retirar, o mais depressa possivel, o circulo metallico, fazendo-o passar pelo meio da abertura, a fim de empedir que não seja roubada alguma porção d'electricidade que estiver accumulada nas bordas desta abertura. Póde mesmo acontecer que esta electricidade communique huma de especie contraria á agulha de gomma-laque que resta isolada relativamente á abertura, durante a pequena demora que o circulo metallico faz no interior. Porém estar-se-ha certo de que a electricidade de que se trata pertence á gomma-laque, porque ella continúa a ser sensivel ao electrometro, logo que se tocar o circulo metallico com a mão.

DXLIV. O ponto da theoria que nos occupa, se tornou, nas mãos do Celebre Laplace, o objecto de huma bella applicação das formulas de que este sabio se servio para determinar a figura da terra. Consiste em que o resultado dado por hum corpo de huma figura espherica, he

igualmente verdadeiro para todos os ellipsoides de revolução, de sorte que o fluido electrico deve tambem lançar-se todo na superficie destes solidos. O mesmo calculo conduz a esta consequencia notavel, que a força repulsiva, ou a tensão do fluido que corresponde ao pólo do ellipsoides, está para a do fluido que cobre o equador, como o diametro deste equador está para o eixo do pólo: do que se segue, que se o ellipsoides he alongado no sentido deste eixo, a tensão será mais forte no equador do que no pólo. Biot estendeo estes resultados ás espheroides mui pouco differentes da esphera, qualquer que seja a irregularidade de sua figura (1).

Do modo como o Fluido Electrico se reparte entre os differentes corpos em contacto huns com os outros.

DXLV. Em tudo quanto dissemos, nós consideramos o corpo que se suppunha então carregado de fluido electrico, como não exercendo alguma força attractiva para este fluido, seja para oppor-se á sua sahida, seja para contrabalançar depois a resistencia que o ar oppõe á sua dissipação, quando elle involve o corpo. Isto nos conduz a hum novo resultado que está ligado intimamente com o precedente. Dissemos (256) que cada corpo possue por si mesmo huma certa quantidade de fluido electrico, composto de dois fluidos, vitreo e rezinozo. Esta quantidade, que depende da natureza do corpo, fica como intranhada no seu interior, durante que os dois fluidos nelle estão neutralizados hum pelo outro. Porém logo que se separão, perdem sua tendencia a conservarem-se no corpo, e não obedecem senão á sua força repulsiva mutua. Viráõ elles depois a reunir se de novo? O fluido composto, que resulta de sua união, torna a entrar no corpo e nelle resta fixado como d'antes. Da mesma sorte, se hum corpo rece-

---

(1) *Veja-se* a exposição razoada que este habil geometra deo dos mesmos resultados, nas Lições da Escolla Normal, nov. edic., t. VII., p. 85. e seguinte. Elle faz tambem conhecer o modo de os submeter ao calculo, no Bulletim das Sciencias da Sociedade Philom.

be de mais huma porção addicional de fluido vitreo ou rezinozo, este se espalha pela superficie do corpo sem penetrar seu interior, e não se conserva mesmo nesta superficie, senão por intermedio do ar ambiente que recuza transmiti-lo. Nós citaremos, fallando da electricidade no vacuo, huma experiencia que confirma esta theoria.

DXLVI. Já que o fluido electrico livre de hum corpo parece não ter alguma affinidade para elle, será igualmente indifferente a respeito de hum corpo qualquer, de maneira que pondo-se hum corpo conductor electrizado em contacto com outro que esteja no estado natural, a porção de seu fluido livre que elle lhe communicar não dependerá senão da fórma dos dois corpos, e nunca da sua natureza. He isto o que Coulomb provou de hum modo directo, pela experiencia seguinte. Electriza-se a bola de cobre *x* (fig. 46.), posta, como dissemos, na caixa de vidro ACDB, e depois que ella tiver repellido o circulo dentado *a*, augmenta-se a torsão de hum certo numero de graos, determina-se a torsão total, e a distancia que resulta entre a bola *x* e o circulo *a*. Toca-se de repente a bola de cobre com huma bola do mesmo diametro e de huma materia differente, por exemplo, de medulla de sabugueiro. Logo que se retira esta, o circulo dourado vem colocar-se a huma menor distancia da bola de cobre, que perdeo huma parte do seu fluido e ao mesmo tempo de sua força repulsiva. Enfraquece-se a torsão até que o circulo seja conduzido de novo á mesma distancia, e acha-se que, neste cazo, a torsão não he mais que ametade do que ella era a primeira vez, logo a força repulsiva he tambem diminuida de ametade. Ora as acções electricas seguem a razão directa das massas, as quaes são aqui as quantidades de fluido, e a razão inversa do quadrado das distancias; e porque as distancias são iguaes, as acções são simplesmente como as quantidades de fluido; do que resulta que, no segundo cazo, a bola de cobre não tinha mais que ametade do seu fluido, de sorte que a quantidade primitiva estava repartida igualmente entre esta bola e a de medulla de sabugueiro, por cauza da igualdade e da similitude dos dois corpos.

DXLVII. Assim, na communicação da electricidade, as superficies dos corpos não fazem outra couza mais que servirem de certo modo de receptaculo ao fluido electrico, que parece ahi estar em hum estado positivo, e nellas não se demora senão em quanto he conservado pela resistencia do ar ambiente. Mas ainda que a natureza dos corpos não in-

flua na razão segundo a qual o fluido electrico se distribue entre elles, ella influe no tempo que exige a repartição, de sorte que as faculdades conductoras varião segundo as differentes qualidades das substancias. Os metaes, por exemplo, o transmittem muito mais rapidamente que o páo e o papel; relativamente a isto, como em muitos outros, a maneira de obrar do fluido electrico se approxima da do calorico. Pondo-se pois em contacto hum corpo electrizado com hum segundo conductor, que esteja em estado natural, haverá, na transmissão do fluido de hum para o outro, hum termo, passado o qual o primeiro cessará de communicar, e o outro de receber, segundo que o corpo que recebe for mais ou menos susceptivel de conduzir o fluido electrico. Porém a differença não está senão na duração da communicação, que se fará sempre sem alguma preferencia para hum corpo antes que para outro, quanto á quantidade de fluido communicado ou recebido.

DXLVIII. Era natural, para provar pela experiencia este deffeito d'affinidade do fluido electrico relativo aos differentes corpos, escolher o cazo mais simples, que he aquelle em que os corpos sendo semelhantes por sua fórma, são demais iguaes em superficie. Porém Coulomb, depois de ter estabelecido desta maneira o principio de que se trata, estendeo suas investigações a corpos cujas superficies erão differentes, suppondo sempre que a fórma fosse espherica. Para melhor conceber os resultados a que elle chegou, he precizo considerar que quando se põe hum globo que está em estado natural em contacto com outro globo electrizado, apenas o primeiro tiver chegado ao estado electrico, os dois fluidos exercem hum sobre o outro sua força repulsiva, e se recalcão mutuamente contra as partes oppostas ao ponto do contacto; de sorte que a densidade electrica he nulla neste ponto e na parte ambiente até a huma certa distancia. Quando depois se separão os globos, seus fluidos se espalhão uniformemente em roda delles, e as quantidades destes fluidos se achão iguaes quando as superficies igualmente o são. Porém se as superficies são desiguaes, segundo huma razão dada, acontece então que as quantidades de fluido varião em huma razão differente, que he menor que a das superficies; porque estas quantidades são determinadas segundo as condições do equilibrio que se deve estabelecer entre as forças dos dois fluidos, no momento do contacto; ora este equilibrio exige que a razão entre a quantidade de fluido do mais pequeno globo e o do maior, surpasse assás o que existe entre as super-

ficies, para que seu excesso compense o que perde o primeiro globo, em razão de huma superficie menor. Assim Coulomb reconheceo, pela experiencia, que quando a superficie do pequeno globo era quaze $\frac{1}{15}$ da do maior, sua quantidade de fluido era quazi $\frac{1}{11}$ da deste.

DXLIX. Segundo estes principios, era facil determinar a lei segundo a qual varião as densidades electricas dos corpos entre as quaes o fluido se tinha distribuido, isto he, os quocientes das quantidades de fluido divididas pelas superficies. Coulomb achou que para dois globos, dos quaes hum he sempre o mesmo, ainda que se escolhia o outro mais pequeno, a razão entre as densidades electricas, augmenta segundo huma progressão sempre mais lenta, que tem por limite a razão de 2 para 1, de sorte que, no cazo deste limite, o segundo globo deve ser supposto infinitamente pequeno.

DL. Em experiencias d'outro genero, Coulomb dispoz, em huma mesma linha, hum certo numero de globos cobertos de huma folha de metal, e em contacto huns com os outros; e indagou a lei segundo a qual o fluido se distribuia entre estes differentes globos, para que suas forças estivessem em equilibrio. Elle empregou até 24 globos, todos do mesmo diametro. Concebe-se facilmente logo suppondo todos estes globos electrizados, que ha igualdade entre as tensões ou densidades electricas dos dois globos extremos, e que da mesma sorte, as densidades de dois globos igualmente distantes dos extremos, são ignaes entre si. Vê-se tambem que a densidade de cada globo extremo deve ser mais consideravel, que a dos seguintes, pois que elle só faz equilibrio a todos os outros, posto que o segundo, por exemplo, he ajudado pelo primeiro, para contrabalançar a acção de todos aquelles que estão detraz delle. Ora a lei segundo a qual a densidade diminue he tal, partindo dos globos extremos, que esta diminuição he tão rapida, relativamente aos globos que são vizinhos dos extremos, como o segundo e o terceiro de cada lado, e que depois a densidade diminue sempre mais de vagar, até ao meio aonde ella he nulla. Esta desigualdade entre as forças dos differentes globos he huma consequencia da razão inversa do quadrado da distancia, que determina, relativamente a cada globo, a quantidade de flui-

do necessario para que a acção deste globo esteja em equilibrio com a de todos os outros.

DLI. Coulomb deduzio dos resultados precedentes, a maneira como o fluido electrico se distribue pelos differentes pontos da superficie de hum cylindro. Ella varia desde as extremidades até ao meio, quaze na mesma razão que sobre hum fio de globos iguaes, e esta analogia provém de que o fluido he disposto á roda dos differentes globos debaixo da fórma de zonas, entre os pontos de contacto desde os quaes a densidade he quazi nulla até a huma certa distancia, por cauza da grande força repulsiva que obra nestes lugares; mas sobre o primeiro e ultimo globo o fluido cobre a hemisfera opposta ao contacto com o globo vizinho, o que acaba de approximar a distribuição do fluido do que tem lugar no cylindro, a superficie deste corpo podendo ser considerada como composta de huma serie de cintas annulares comprehendidas entre duas hemisferas.

A' medida que se empregão cylindros mais longos e mais delgados, a densidade electrica dos pontos situados nas extremidades crescem relativamente á dos pontos intermediarios; e suppondo-se hum cylindro mui fino, que seja fixo a hum grosso globo electrizado, cuja acção favorecerá ainda o augmento da densidade que deve ter lugar na extremidade opposta, porque he precizo que a força do fluido da extremidade faça equilibrio á de todo o resto do fluido espalhado, tanto pelo cylindro como pelo globo, a densidade se tornará tão consideravel que será superior á resistencia que o ar oppõe á transmissão da electricidade, e he por isto que Coulomb explica o poder dos corpos terminados em ponta, para lançar rapidamente o fluido electrico. A explicação que adoptarmos, pois que ella he mais susceptivel de ser desenvolvida pelo raciocinio, não he mais que huma maneira differente de conceber a mesma combinação d'acções.

Da Lei segundo a qual os Corpos Idio-Electricos perdem pouco a pouco sua Electricidade.

DLII. Nos corpos idio-electricos tudo succede de outra maneira que nos corpos conductores. No momento em que o fluido natural destes se decompõe pela acção das cauzas de que logo fallaremos, seus dois principios se espalhão logo pelo exterior. Nós devemos conceber ao contrario, que quando o corpo he idio-electrico, os dois prin-

cipios competentes ficão no interior, mesmo depois da sua desunião, e se distribuem por movimentos contrarios, pelas duas partes oppostas deste corpo. Estes movimentos não se executão sem huma certa difficuldade, que provém da resistencia das proprias moleculas do corpo; de sorte que quando a cauza que tinha decomposto o fluido cessa de obrar, a reunião dos principios, que conduz de novo o corpo ao estado natural, não se faz tambem senão com huma certa frouxidão. Comparou-se á fricção esta resistencia que hum corpo idio-electrico oppõe ao movimento do fluido em seu interior, e deo-se-lhe o nome de *força coercitiva*. Os effeitos desta força se notão sobre tudo nos corpos que se electrizão pelo calor, como veremos na continuação deste artigo.

De resto, o que acabamos de dizer, suppõe que a substancia do corpo existe em toda a sua pureza. Porém mais ordinariamente achão-se moleculas conductoras interpostas entre as moleculas idio-electricas do corpo, de sorte que os effeitos são sempre hum pouco complicados com os dos corpos de huma e de outra especie.

DLIII. Isto nos conduz a expôr outros trabalhos de Coulomb, relativos a hum principio muito interessante para os que tendo experiencias de electricidade a fazer, dezejão que nellas haja a exactidão possivel. As experiencias de physica em geral, para as tornar compativeis, devem ser feitas no ponto em que todas as circunstancias sejão as mesmas. Se a temperatura influe, por exemplo, nos resultados, faz-se desaparecer esta influencia, ou concervando hum gráo constante de quente ou de frio, ou fazendo conta da variação; do mesmo modo, quando se emprega hum corpo electrico successivamente em differentes resultados que se querem comparar entre si; o estado deste corpo deve-se julgar permanente; e como elle realmente nunca o he, porque no intervallo de huma operação a outra, o corpo perde sempre huma certa quantidade de sua electricidade, faltava procurar os meios para avaliar esta perda, e mete-la em conta nos resultados.

Ora esta perda provém de duas cauzas, huma he o contacto do ar ambiente, que está sempre mais ou menos carregado de moleculas humidas; a outra he devida aos isoladores idio-electricos, que sustem o corpo electrizado, e o melhor dos quaes não isola perfeitamente. Coulomb chegou a separar as acções destas duas cauzas, que se exercem simultaneamente, e a fazer a experiencia independente de suas variações.

DLIV. Quanto á cauza que provém do ar, elle achou

tomando de huma parte a força electrica perdida pelo corpo em hum tempo dado, como dez minutos, e da outra a força media que resulta da differença entre as forças no principio e no fim da experiencia, dividida pelo numero de minutos, que a razão entre estas duas forças he huma razão constante para hum mesmo estado do ar, o que põe em estado de se compararem entre si diversos resultados, segundo as forças medias que correspondem ás differentes durações das experiencias.

DLV. Faltava considerar a perda d'electricidade que se faz pelos isoladores. As experiencias de Coulomb relativas a este principio, lhe fizerão conhecer que quando a densidade electrica do corpo he consideravel, a diminuição produzida ao mesmo tempo pelo ar e pelos isoladores, segue hum progresso muito mais rapido que a que he devida unicamente ao contacto do ar; porém desde o instante em que a densidade se acha muito enfraquecida, a influencia do isolador se torna sensivelmente nulla; de sorte que empregando desde o principio hum corpo cuja densidade electrica for moderada, será sufficiente attender á perda que se faz pelo contacto do ar.

DLVI. Mas esta especie de resistencia da parte do isolador á transmissão do fluido electrico, não póde ser olhada como absoluta senão durante hum certo tempo que seja sufficiente ordinariamente para as experiencias. Realmente não ha isolador de tal fórma idio-electrico, que sua substancia não seja misturada de particulas conductoras, e em virtude do vagar com que o fluido salta os intervallos entre estas moleculas he que a densidade electrica do corpo que pouza sobre o isolador não experimenta senão perdas insensiveis em hum espaço de tempo mais ou menos limitado. Ora, dando mais comprimento ao isolador augmenta-se o numero de intervallos que o fluido está obrigado a correr antes de chegar aos corpos ambientes. Disto se segue que sendo dado o comprimento do isolador, tão completamente como seja necessario, hum corpo cuja densidade he igualmente dada, querendo se empregar outro corpo carregado de hum fluido mais denso, poder-se-ha obter huma isolação tão perfeita como a primeira, lançando mão de hum isolador mais comprido. Coulomb achou que o estado do ar sendo o mesmo, os comprimentos dos isoladores devem ser como os quadrados das densidades electricas. Assim para hum segundo corpo de huma densidade dupla da do primeiro, he precizo hum isolador quatro vezes maior que o que isolava o primeiro corpo.

Das Attracções e Repulsões Electricas.

As attracções e repulsões electricas são hum dos objectos de que os physicos se tem mais occupado, e que tem mais embaraçado os que tentarão attribuir á acção de hum só fluido dois effeitos diametralmente oppostos, e que frequentemente se succedem rapidamente hum ao outro em hum mesmo corpo. Porém admittindo-se aqui a acção combinaha de dois fluidos, a theoria se torna de huma simplicidade tão feliz, que só o enunciado da hypothese parece será a explicação rezumida dos phenomenos.

Repulsão mutua de dois Corpos cujas Electricidades são homogeneas.

DLVII. Suppondo nós dois corpos electrizados, cada hum por huma porção additiva de electricidade vitrea ou rezinoza, que lhes fosse transmittida; vê-se no mesmo instante o que deve accontecer, pois que este principio que os corpos animados da mesma especie d'electricidade se repellem, e os corpos animados por electricidades differentes, se attrahem, não he mais que a traducção, por assim dizer, litteral deste segundo principio fundamental, que as moleculas de cada hum dos fluidos componentes, obrão humas sobre as outras, por forças repulsivas, e exercem forças attractivas sobre as moleculas do outro fluido.

DLVIII. Isto exige entretanto alguns detalhes, que acharáõ lugar na expozição que viemos de fazer dos meios que se podem empregar para meter o principio em experiencia. Sejão A, B (fig. 49.), duas bolas d'amago de sabugueiro, ou de qualquer outra materia conductora, suspensas por fios a huma pequena distancia hum do outro, e ás quaes se tenha communicado a electricidade vitrea. Os fluidos que envolvem estas bolas se repulsaráõ mutuamente; e suas moleculas se espalharáõ no espaço por movimentos contrarios, se o ar ambiente não as sustiver á roda de cada corpo. Elles não poderáõ logo mais que escorregar pela superficie dos corpos, de maneira, por exemplo, que o fluido do corpo A sendo recalcado para a parte posterior *d* deste corpo, exercerá seu esforço sobre o mesmo ar que está vizinho deste ponto. O equilibrio sendo então rompido entre este ar e o que he contiguo á parte anterior *c*, este obrará por sua electricidade sobre o corpo A para o repelir se-

gundo a direcção *ch*; o mesmo raciocinio se applica em sentido contrario ao corpo B, do que concluiremos que os fluidos e os corpos arrastados por hum movimento commum devem-se repellir. Obter-se-ha hum semelhante resultado suppondo que os dois corpos estejão electrizados rezinozamente.

Attracção mutua de dois Corpos cujas Electricidades são heterogeneas.

DLIX. Concebamos agora que hum dos dois corpos, por exemplo, o corpo A sendo incitado pela electricidade vitrea, a do corpo B seja rezinoza. Os fluidos então se attrahirão de maneira que, relativamente ao corpo A que nós continuaremos a tomar por termo de comparação, o recalcamento se fará para a parte anterior deste corpo. O fluido accumulado neste lugar, obrará então por repulsão sobre o ar vizinho; donde se segue que o ar contiguo á parte posterior *d*, repulsará o corpo segundo a direcção *d n*. O mesmo effeito terá lugar no sentido contrario relativamente ao corpo B, e deste modo os fluidos e os corpos se lançarão hum para o outro.

Equilibrio de dois Corpos em estado natural.

DLX. Antes de chegar aos outros cazos em que ha decompozição do fluido natural de hum dos corpos ou de ambos, he necessario atender primeiro ao equilibrio de dois corpos que estão em estado natural. Dezignemos estes corpos por A e por B, porque toda a acção he reciproca. Ora, o corpo A exerce sobre o corpo B quatro acções differentes, que provém das repulsões de seus dois fluidos sobre os fluidos de differente natureza, e he facil provar que o equilibrio depende da igualdade destas quatro acções.

Chamemos V o fluido vitreo de A, R seu fluido rezinozo, *v* o fluido vitreo de B, e *r* seu fluido rezinozo. Segundo o que viemos de dizer, 1.° V attrahe *r*; 2.° R repele *r*; 3.° R attrahe *v*; 4.° *v* repelle *u*. Ora as duas primeiras forças são iguaes entre si; porque se *r* fosse mais ou menos attrahido por V que repellido por R, elle se moveria, o que he contra a hypothese do equilibrio. As duas ultimas forças são tambem iguaes, por huma razão semelhante, isto he, que *v* he tanto attrahido por R como he repellido por V.

De mais a terceira força he igual á primeira, isto he, que tanto V attrahe r, tanto R attrahe v. Porque, de hum lado, quantas mais moleculas attrahidas contém r, ou, o que he o mesmo, quanto mais massa, tanto mais consideravel será a força com que r se lançará para V; d'outro lado, quantas mais moleculas attrahentes contiver V, tanto mais velocidade terá cada molecula de r para se lançar para V. Logo a quantidade de movimento, que mede o effeito total com que r se lança para V, he reprezentada pelo producto $r \times V$. Provar-se-ha por hum igual raciocinio, substituindo v a r, e R a V, que o esforço total com que v se lança para R, tem por expressão o producto $v \times R$.

Ora, os fluidos estando neutralizados hum pelo outro, em cada corpo, resulta que as quantidades do fluido V e v são proporcionaes ás quantidades do fluido R e r, isto he, que se tem $r \times V = v \times R$.

Agora, pois que das quatro forças que fizemos menção, tres são iguaes entre si, e ha equilibrio, he evidente que a quarta força he igual a cada huma das outras tres; e em consequencia da igualdade entre as quatro forças, he que dois corpos, em estado natural, não tem alguma acção hum sobre o outro.

Acção de hum Corpo electrizado sobre hum Corpo no estado natural.

DLXI. Concebamos hum corpo conductor A, de huma figura espherica, electrizado em virtude de huma quantidade additiva de fluido vitreo que tenha recebido d'outro, e hum segundo corpo espherico B, igualmente conductor, e no estado natural. O fluido vitreo, que involve A, exercerá huma força repulsiva sobre o fluido da mesma especie, fazendo parte do fluido natural de B, e huma força attractiva sobre o fluido rezinozo, que he o outro principio componente do mesmo fluido natural. Este fluido será logo decomposto, de sorte que as moleculas de seu fluido rezinozo se lançaráõ para a parte de B que for mais vizinha de A, e as do fluido vitreo serão impellidas para a parte opposta. Estes mesmos principios sahiráõ do corpo B e se espalharáõ em roda de sua superficie, de modo que o fluido da electricidade rezinoza envolverá a hemisphera voltada para A, e a da electricidade vitrea, a hemisphera mais distante de A.

Ora, raciocinando do fluido addicional de A, como do que faz parte do seu fluido natural, conceber-se-ha que em igual distancia elle exerçeria, nos dois fluidos de B, acções que se destruirião mutuamente. Porém a distancia não sendo a mesma, o fluido rezinozo de B será mais attrahido que o fluido vitreo; de sorte que os dois corpos, sendo suspendidos livremente, se approximarão hum do outro até ao contacto. Então a quantidade additiva do fluido vitreo de A, unindo-se com o fluido rezinozo espalhado pela superficie de B, resultará desta união huma certa quantidade de fluido natural que ficará em B; e he bem claro que sobre a totalidade dos fluidos que se achavão livres no momento do contacto, restará huma porção de fluido vitreo fóra do estado de combinação. Esta porção se distribuirá entre os dois corpos, segundo huma certa lei de que já fallamos (548), e os dois corpos achando-se em estado d'electricidade vitrea, se repelliráõ, como mostra a experiencia.

O mesmo raciocinio se applica, com huma simples mudança de nomes, ao cazo em que o corpo A estivesse carregado d'huma quantidade additiva de fluido rezinozo.

DLXII. Vê-se por isso que não he exactamente verdade, como os partidistas de Francklin pensarão, que hum corpo elevado a certo estado d'electricidade, attrahe outro corpo que está em seu estado natural. Falta, neste modo de conceber o phenomeno, huma idéa intermediaria. O primeiro corpo principia por fazer sahir o outro do seu estado natural; elle o faz attrahivel, depois elle o attrahe.

Carrilhão Electrico.

DLXIII. He facil agora conceber os effeitos destas campainhas metallicas, tocadas alternativamente por hum pequeno globo igualmente metallico, que serve de badallo. Das duas campainhas *g* e *n* (fig. 50), huma como *g* communica com o conductor por meio de sua cadêa de suspensão *Gr*, a outra campainha *n* está suspensa por hum fio de seda, e por consequencia isolada relativamente ao conductor, ao mesmo tempo que ella communica com os corpos ambientes, por intermedio da cadêa *n h*. O globo metallico *d* está suspenso tambem por hum fio de seda. No momento em que se carrega o conductor, o fluido, que nós suporemos ser o da electricidade vitrea, se communica á campainha *g*. No mesmo instante, o globo *d*, attrahido por esta campainha, vai toca-la, e logo he repellido, pela razão

que dissemos. Elle tenderia pois, desde logo, só em virtude desta repulsão, a approximar-se da campainha *n*; mas elle he de mais sollicitado, em razão da electricidade adquirida, pois que a campainha *n* está em estado natural; em fim, o movimento oscillatorio repelle ainda este effeito. Porém logo que o globo estiver em contacto com a campainha *n*, cede-lhe seu fluido, que se perde ao longo da cadêa *n h*. Então o globulo que, só em virtude do movimento d'oscillação, se approximaria da campainha *g*, se acha ainda attrahido por ella pela acção do fluido electrico espalhado na superficie desta; de sorte que as mesmas cauzas principiando a obrar, os mesmos effeitos se repetem, e assim por diante.

Cazo em que a Attracção não he seguida de huma Repulsão.

DLXIV. O corpo A, de que fallamos mais acima (561), sendo sempre conductor, o corpo B he idio-electrico, então os dois effeitos serão os mesmos até ao contacto, com esta differença, que os dois fluidos de B ficarão accumulados no interior deste corpo, hum na parte vizinha de A, o outro na parte opposta. Depois do contacto, o fluido addicional de A, não podendo penetrar o corpo B, para se unir com o de huma especie differente que contém este mesmo corpo, a attracção subsistirá, e os dois corpos ficarão pegados hum ao outro. Suspendei hum pequeno globo de cera d'Hespanha por hum fio de seda vizinho de hum conductor; no momento em que o conductor for electrizado, o globo se approximará até ao contacto, e não o deixará mais.

Acção mutua de dois Corpos cada hum dos quaes tem suas duas partes em estados differentes.

DLXV. Podem-se imaginar outras hypotheses, fazendo variar os estados e as naturezas dos corpos A e B, e obter, em cada hypothese, resultados analogos aos precedentes. Entre estes differentes resultados, nós nos limitaremos a hum só que nos será util ao depois. Concebamos que os dois corpos A e B sejão idio-electricos, e que o fluido natural de cada hum tenha sido decomposto no seu interior. Supponhamos de mais estes dois corpos postos hum na esphera da actividade do outro, de sorte que a porção de A que contém o fluido vitreo, esteja voltada para a de

B que contém o fluido rezinozo. Se cada hum dos dois fluidos de A obrasse, na mesma distancia, em hum ou outro dos dois fluidos de B, haveria equilibrio entre as suas acções. Porém como o fluido vitreo obra de mais perto, sua força será superior, de sorte que se poderá considerar A como hum corpo que obra unicamente em virtude de huma quantidade *u* de fluido vitreo, proporcional á differença das duas acções. Ora he facil de concluir que o fluido rezinozo de B estando, de sua parte, mais vizinho do ponto em que a acçao de *u* se julga rezidir, do que está o fluido vitreo do mesmo corpo B, a attracção de *u* para o primeiro será mais forte que a repulsão para o segundo; do que se segue que os dois corpos se approximaráõ hum do outro Se, pelo contrario, as duas partes dos corpos que estão voltadas huma para a outra, fossem animadas de huma mesma especie d'electricidade, os dois corpos se afastarião reciprocamente.

Cazo em que as Attracções e as Repulsões tem lugar simultaneamente.

DLXVI. As attracções e repulsões electricas se apprezentão em certos cazos, debaixo da apparencia d'hum effeito que seria devido á acção simultanea de duas cauzas contrarias; e são principalmente estes phenomenos que tem enganado os partidistas das affluencias e effluencias. Ponde corpos leves, taes como pequenas folhas de cobre, sobre hum conductor que esteja em seu estado natural, e outro por baixo a huma pequena distancia; no momento em que electrizardes o conductor, aquelles serão repellidos, posto que os outros serão attrahidos para serem depois repellidos. Attribuio-se o primeiro effeito â materia effluente e o segundo à materia affluente. Demais, succede algumas vezes que certas folhas, ainda que sejão attrahidas, recuão subitamente antes de chegarem ao contacto: he porque ellas então se achavão no lugar onde as duas correntes se chocão encontrando-se. Porém a verdadeira explicação destes phenomenos se apprezenta por si mesmo, depois dos principios que nós estabelemos. Os corpos leves, postos por cima do conductor, são repellidos, porque elle lhe communica huma porção do seu fluido. Os que estão por baixo experimentão a maior parte huma attracção que os leva até ao contacto, e á qual succede huma repulsão, porque sua face voltada para o conductor, que era então sollicitada por huma electricidade contraria à sua, adquire huma da mesma

natureza logo que ellas chegão ao contacto; e quanto aos pequenos corpos que fogem do conductor antes de o ter tocado, seu movimento retrogado provém de que, quando a electricidade he hum pouco forte, ha sempre alguns jactos de fluido que se escapão do conductor a travez do ar ambiente, e que se arremessão com preferencia sobre alguns dos mesmos corpos que, sendo terminados em ponta, são por isso mesmo mui proprios a attrahir o fluido electrico, como logo veremos; de sorte que participão com anticipação do effeito que não teria lugar senão no contacto.

Considerações a favor da Hypothese de hum dobrado Fluido Electrico.

A repulsão dos corpos que se olhava como estando estes electrizados negativamente, tem sempre sido o escolho das theorias. Seria precizo trabalhar para conceber como estes corpos, cada hum dos quaes tendo perdido huma parte do seu fluido, se determinavão a fugir hum do outro, quando huma superabundancia do mesmo fluido produzia precizamente o mesmo effeito. A maior parte dos physicos que tentarão resolver esta difficuldade, recorrerão á acção do ar ambiente, que elles explicavão por differentes mecanismos, que não deixaremos de expôr.

Com tudo havia todo o motivo de se pensar, que quando, por exemplo, se electrizavão, de huma parte dois pedaços de rezina, e da outra, dois corpos vitreos, pela fricção, a repulsão mutua dos primeiros e a dos segundos erão effeitos de alguma sorte, iguaes, cujas cauzas seria precizo achar nos mesmos corpos.

DLXVII. Isto nos conduz a huma idéa que acabará de motivar a hypothese de ser o fluido electrico composto de dois fluidos differentes. Em quanto se limitou em empregar, relativamente á electricidade, estes methodos que não dão senão o pouco mais ou menos, e deixao ao physico a liberdade d'accommodar á sua maneira de pensar o que se passa nos phenomenos, julgava-se satisfazer a tudo com hum só fluido. Mas para bem julgar estes methodos, he necessario raporta-los ao tempo em que o celebre Æpinus emprehendeo tornar a theoria exacta, e pô-la em estado de sustentar a prova do calculo. Elle partio do principio que as moleculas do fluido electrico, que nesta theoria era julgado hum ente simples, se repellião mutuamente, e podião ser attrahidas por todos os corpos conhecidos. Suppondo logo dois corpos A e B em estado natu-

ral, e por consequencia em equilibrio, elle achava que a materia propria do corpo A, por exemplo, attrahia o fluido electrico de B, e que os fluidos dos dois corpos se repellião mutuamente, e provava que a attração era igual á repulsão (1). Porém de mais, o fluido eletrico de A, attrahia, de sua parte, a materia propria de B, e esta terceira acção era ainda igual a cada huma das duas primeiras. Ora, pois que havia equilibrio, faltava achar em algum huma quarta força que fosse repulsiva, e que contrabalançasse o effeito da terceira. Porém todos os outros lugares estando occupados, não restava, para esta repulsão, outro que não fosse na acção mutua das moleculas dos dois corpos; e desta maneira Æpinus se achou metido, pela theoria, nesta consequencia estranha, que, debaixo do ponto de vista dos phenomenos electricos, as moleculas de todos os corpos se repellião. Vê-se, lendo sua obra, que elle rejeitou esta consequencia com huma especie de indignação, a primeira vez que ella se offereceo a seu espirito (2), e que elle teve necessidade de se reconciliar com ella. Effectivamente, era duro ser obrigado a confessar que só na prezença do fluido electrico se sustentava que as moleculas de todos os corpos solidos parecião crescer huns sobre os outros huma acção directamente opposta á gravitação universal. Era dar á theoria hum adversario tão poderozo e tão temivel. Evita-se este inconveniente, concebendo o fluido electrico como formado pela reunião de dois fluidos, dos quaes hum faz a função que Æpinus attribuia ás moleculas dos corpos. Repugna menos admittir huma repulsão a distancia entre as moleculas de dois fluidos particulares que, como todos os outros, se repulsem já no contacto, que as de todos os corpos solidos da natureza. Os physicos que explicavão tudo com hum fluido sómente, principiarão por crêr que suas moleculas se repellião tambem, em distancia, de huma para a outra superficie da botelha de Leyde; e como o que nós chamamos *acção a distancia* não he propriamente senão hum facto em que fundamos huma theoria, sem indagar a cauza que produz o ponto d'apoio, basta-nos que a maneira como nós concebemos este facto se possa adaptar á nossa Physi-

(1) O raciocinio que dava este resultado era semelhante ao que nós empregamos (560) para demonstrar a igualdade das acções que exercem huns sobre os outros, os fluidos de dois corpos em estado natural.

(2) Tentamen Theor. Electric. et Magnet., p. 9.

ca, e que todos as nossas hypotheses se liguem em nosso espirito, como as verdadeiras cauzas, de que ellas nos servem para representar os resultados, estão ligadas no designio da suprema Sabedoria. Em fim a hypothese dos dois fluidos he a unica, até aqui, que tem, relativamente ás duas especies d'electricidade, a vantagem de estabelecer huma paridade exacta entre as acções que produzem phenomenos que a observação nos offerece com traços tão semelhantes, e de trazer tudo a explicações das quaes huma não he, por assim dizer, senão a contra-prova da outra.

Do Poder das Pontas.

O phenomeno de que nos vamos agora occupar e que se chama *poder das pontas*, he, entre os que apprezenta a electricidade, hum dos mais notaveis, seja em si mesmo, seja pelas applicações uteis que dellas se fizerão para defender os edificios das explosões da electricidade natural. Nós nos limitaremos a descrever, e a dar a theoria.

DLXVIII. Lembremo-nos agora que quando hum corpo isolado, que estava d'antes em estado natural; se acha em prezença de hum segundo corpo carregado d'electricidade de huma ou outra especie, elle se torna por si mesmo electrico, e isto de maneira que sua parte mais proxima do segundo corpo he sempre incitada pela electricidade contraria á deste corpo (561). Succedem iguaes mudanças no estado de hum corpo conductor não isolado, que se acha na esphera d'actividade de hum corpo electrizado. A acção deste attrahe para a parte anterior do corpo não isolado a especie d'eletricidade differente da sua, e repelle para a parte posterior a electricidade da mesma natureza. Ora o segundo corpo obra de sua parte sobre o primeiro, tende a attrahir sua electricidade, e esta acção he tão forte, em certas circunstancias, que ella rouba a electricidade ao primeiro corpo, mesmo a huma grande distancia: he o que succede quando se apprezenta huma ponta fina de metal a hum conductor carregado d'electricidade; e he singular vêr hum corpo, cuja acção pareceria dever ser proporcionada á sua pequenez, arrebatar tão poderozamente a electricidade accumulada em huma superficie consideravel, e fazer parar quazi inteiramente, em hum fechar d'olho, todos os esforços do physico, em continuar a carregar o conductor.

DLXIX. Francklin foi o primeiro que observou este poder das pontas, e julgou logo tê-lo felizmente explicado,

segundo a comparação entre huma ponta e huma pequena sorça, que executa, por partes e acções repetidas, o que huma grande força não póde fazer, por huma unica acção dirigida á totalidade do effeito. Porém elle desconfiou depois de sua explicação, e o confessou com esta grande franqueza que he, para os verdadeiros sabios, outra maneira ainda de se engrandecerem, além das descobertas (1).

Sem nos metermos em outras explicações já refutadas, mesmo pelos partidistas dos que tinhão sido os authores, passamos a raportar o facto prezente á theoria que adoptamos.

Acção de huma Ponta para arrebatar o Fluido Electrico.

DLXX. A observação mostra que hum corpo mesmo arredondado, tem já huma certa força para attrahir o fluido d'hum conductor electrizado, pois que elle faz sahir algumas vezes faiscas em distancia de hum decimetro. He precizo pois fazer vêr que a força de huma simples ponta, para produzir o mesmo effeito, he incomparavelmente maior.

Concebamos agora huma unica agulha *ab* (fig. 51), cuja ponta *a* esteja voltada para o conductor C que nós supporemos carregado d'electricidade vitrea, e cuja extremidade *b* communique com os corpos ambientes. A acção do conductor attrahirá para a ponta *a* o fluido rezinozo *r* que se separou do fluido natural da agulha, e repulsará para a extremidade *b* o fluido vitreo *v*. Supponhamos agora huma segunda agulha *gd*, posta a huma pequena distancia da primeira, em huma direcção parallela á sua, e imaginemos, por hum intante, que as duas agulhas não tenhão alguma acção huma sobre a outra. O fluido V do conductor attra-

(1) Expér. et Observ. sur l' Electricité; Paris, 1752, p. 144 e seg. Vê-se pelo exposto que este celebre physico fez mesmo de sua idéa, que ella lhe foi suggerida pelo dito ingenhozo tão conhecido de Sertorio, que, querendo mostrar a seus soldados quanto a firmeza he mais efficaz que a fuga, mandou a hum homem bem constituido e cheio de vigor, arrancar d'uma vez a cauda de hum cavallo velho e magro, e a outro homem fraco e debil, arrancar clina por clina a cauda de hum cavallo novo e robusto. Este chegou, com o tempo, a prehencher seu dever; os esforços do outro não tiverão outro algum effeito mais que fazer rir os espectadores. Ibid. p. 152.

hirá da mesma sorte para a ponta *g* huma certa quantidade de fluido *r'*, igual a *r*, e proveniente da decompozição do fluido natural da agulha, se bem que elle repellirá para a parte opposta outra quantidade de fluido *v'* igual a *v*. Restabeleçamos agora a acção das duas agulhas, huma a respeito da outra, os fluidos *r* e *v'* attrahindo-se mutuamente, tenderáõ a mover-se hum de *a* para *b*, o outro de *d* para *g*. Igualmenre a attracção reciproca dos fluidos *r'* e *v* obrará para conduzir hum de *g* para *d* e o outro de *b* para *a*. Ora estes effeitos contrabalançaõ em parte o do conductor, para attrahir para a extremidade de cada agulha o fluido da electricidade contraria á sua.

A acção mutua das duas agulhas se tornará ainda mais sensivel, approximando-se huma da outra, porque ella se exercerá a huma menor distancia, e segundo direcções menos obliquas.

DLXXI. Em lugar de duas agulhas, supponhamos hum grande numero que estejão reunidas em molho, e não formem senão hum mesmo corpo. Ellas obraráõ da mesma sorte humas sobre as outras para destruir em parte a acção electrica do conductor relativamente a cada huma dellas, e isto tanto mais quanto sua proximidade lhe der maior vantagem, relativamente á pozição mais distante do conductor, em consequencia da lei em razão inversa do quadrado da distancia a que estão submettidas as forças electricas. Resulta que o fluido da electricidade rezinoza será imcomparavelmente menos denso na extremidade do molho das agulhas, que não he na extremidade de huma agulha isolada.

D'outra parte, cada agulha reage sobre o conductor donde ella tira a electricidade; e para que a força desta reacção produza o effeito observado, basta que o equilibrio seja rompido em hum só ponto entre a tendencia da electricidade a escapar-se do conductor, e a resistencia do ar. A reacção de que se trata será por tanto muito mais efficaz da parte de huma só agulha, na extremidade da qual a electricidade rezinoza está muito condensada, e cuja actividade toda se dirige para hum mesmo ponto do conductor, que da parte d'hum molho d'agulhas cujas forças se prejudicão e não estão bastantemente juntas; e desta sorte huma agulha isolada se tornará capaz de provocar hum effluvio rapido de fluido electrico, que abandonará o conductor para se lançar a ella, e ella o transmittirá aos corpos ambientes, depois do que ella principiará logo a attrahir novo fluido, se se continúa a carregar o conductor.

Ora, hum corpo arredondado póde ser comparado a hum mólho d'agulhas, o qual não exerce senão huma acção fraca para despojar o conductor de sua electricidade, posto que hum corpo terminado em ponta tira poderozamente esta electricidade, por huma acção semelhante á da agulha isolada de que viemos de fallar.

Acção de huma Ponta para lançar o Fluido Eletrico.

DLXXII. Tem-se igualmente observado que hum conductor no qual se espeta huma agulha, apprezenta de alguma sorte, o effeito inverso do precedente. O fluido electrico, neste cazo, he lançado rapidamente pela ponta da agulha á medida que elle chega ao conductor. Explicar-se-ha este facto da mesma maneira, suppondo primeiro muitas agulhas espetadas no conductor, e attendendo que as forças repulsivas mutuas das porções do fluido espalhadas nestas agulhas, contrabalanção a acção do conductor para obrigarem seu proprio fluido a transportar-se para suas extremidades. Ora, póde-se substituir pelo pensamento, em huma parte qualquer d'hum conductor arredondado hum molho d'agulhas que obrassem humas sobre as outras, da maneira que acabamos de dizer. Agora, que huma das agulhas se passe ás outras, o que he o cazo de hum conductor terminado em ponta, esta agulha se achará livre de todas as acções repulsivas, que exercerião sobre ella as outras agulhas vizinhas, as quaes impedião que o conductor repellisse huma parte do seu proprio fluido para a extremidade da mesma agulha; e como esta porção de fluido, que não occupa senão huma mui pequena superficie, tende a condensar-se ahi muito, para só fazer equilibrio ao resto do fluido espalhado em roda do conductor, sua densidade se tornará logo capaz de vencer a resistencia do ar, e o fluido se escapará pela ponta, á medida que elle for fornecido pelo conductor.

Flócco Electrico.

DLXXIII. De qualquer modo que hum corpo pontagudo seja electrizado, produz-se na sua ponta huma luz que se vê na obscuridade. Porém esta luz varía em seu aspecto, segundo a natureza da electricidade que obra no corpo agudo. Supponhamos que hum corpo desta figura esteja fixo em hum conductor electrizado vitrozamente: neste cazo, o fluido vitreo sahirá debaixo da fórma de hum bel-

lo flocco luminozo, cujos raios excitaráõ no ar hum movimento de vibração acompanhado de hum pequeno ruido. Se ao contrario o conductor fôr electrizado rezinozamente, não se verá mais que hum ponto luminozo na extremidade corpo agudo.

DLXXIV. A mesma diversidade de effeito terá lugar no cazo em que o corpo agudo estando em communicação com os corpos ambientes, tivesse sua ponta voltada para hum conductor electrizado; o corpo agudo dará hum flocco, se esta electricidade for rezinoza, e hum simples ponto de luz, se ella for vitrea. Póde-se obter estes dois effeitos, apprezentando huma ponta de metal alternativamente defronte do crochete e da guarnição interior d'huma botelha de Ley-de carregada ordinariamente, e suspensa no ar por hum cordão de seda; ver-se-ha o ponto luminozo e o flocco succeder-se tornando-se sempre menos sensiveis, e acabar por dezaparecer no momento em que a botelha que neste cazo se descarrega pouco a pouco, tiver recuperado seu estado natural.

Esta experiencia dá como se vê, hum meio simples de distinguir a especie d'electricidade de que hum conductor está carregado, apprezentando-lhe huma ponta na distancia de alguns centimetros. Nós voltaremos ao depois ás circunstancias que podem modificar tambem os aspecto de luz produzida pelo phenomeno de que acabamos de fallar.

Faisca Electrica.

DLXXV. Quando se approxima de hum conductor electrizado outro corpo de natureza conductora, e de huma fórma arredondada, a acção deste muito menos forte que no cazo de huma ponta, se limita a attrahir da parte anterior do conductor huma nova quantidade de fluido, que he conservada pela resistencia do ar; esta quantidade augmenta, e ao mesmo tempo as duas faces pelas quaes os corpos estão voltados hum para o outro, se electrizão de mais em mais, á medida que a distancia diminue, e ha hum termo em que o ar cedendo á força d'attracção que sollicita os dois fluidos, estes se escapão com huma especie de explozão, para se reunir hum com outro, e esta explozão he acompanhada de huma faisca.

Todos os que tem visto experiencias electricas, sabem que hum homem posto sobre hum isolador e em communicação com o conductor da maquina, se torna da sua par-

te capaz de dar faiscas, e de offerecer muitos outros phenomenos observados, pela primeira vez, por Dufay, que não podia sahir de sua surpreza, vendo que o poder de os produzir, já tão singular na maquina, tinha passado ao mesmo observador.

Sabe-se tambem que quando se apprezenta a esta pessoa electrizada huma colher cheia d'alkool pouco quente, ou ether frio, approximando-a de seu dedo faz nascer de repente a luz e a inflamação.

Pistola Electrica.

DLXXVI. Huma das experiencias das mais interessantes, relativas á faculdade que tem o fluido electrico de inflamar os diversos corpos, he a que se faz por via de hum instrumento cuja invenção he devida ao celebre Volta, e que tem o nome de *pistola electrica*. Consiste em hum vazo de cobre em fórma de apheroide alongado, furado nas duas extremidades. Em huma das aberturas, introduz-se hum tubo de vidro exactamente do mesmo diametro, o qual, de hum lado, sobrepassa o vazo quazi hum centimetro, e de outro, se mete pelo interior até quazi ao meio da cavidade do vazo. Este tubo he atravessado por hum varão metallico, cuja parte superior, que he saliente acima da sua, tem huma bola do mesmo metal, e cuja parte inferior excede tambem o prolongamento do tubo interior. A outra abertura, que he muito maior serve para introduzir no vazo huma mistura de partes iguaes de gaz inflamavel e ar atmospherico, depois fecha-se a abertura com huma rolha. Pega-se depois no vazo pela sua maior convexidade, e aprezenta-se a bola de metal situada acima do tubo a hum conductor, para tirar huma faisca. O fluido electrico não podendo communicar-se ao vazo, porque o tubo lho impede, passa pelo longo do varão que atravessa o tubo, e no mesmo instante o gaz inflamavel se inflama, e sahe com huma viva explosão, fazendo saltar a rolha que se oppõe á sua passagem.

Effeitos da Electricidade no Vacuo.

DLXXVII. Nós vimos que o fluido electrico, vitreo ou rezinozo, livre, não tem alguma affinidade para os differentes corpos, e não he retido em sua superficie senão pela resistencia do ar ambiente. Esta observação basta para

indicar que se se supprime o ar que involve hum corpo electrizado, o fluido será sollicitado pela força repulsiva a espalhar-se pelo espaço, e a experiencia faz ver que esta especie de effuzão he sempre acompanhada de luz. Tende hum longo tubo de vidro, terminado de hum lado por huma virola de cobre, e do outro por huma torneira que abrireis para fazer o vacuo no tubo, fechai-o depois exactamente; ponde a virola em contacto com hum conductor que receba continuamente novo fluido por via da maquina electrica; pegai ao mesmo tempo no tubo pela torneira, vereis apparecer huma quantidade de luz purpurina, que encherá o tubo, e se renovará continuamente. Se vos servirdes da virola para fazer faiscar o conductor, o jacto de luz, cuja apparição, neste cazo, terá lugar por pequenas interrupções, se tornará muito mais brilhante. Procurou-se diversificar o phenomeno, modificando de muitas maneiras o apparelho destinado a produzi-lo, para fazer o fluido tomar a fórma de huma cascata, de hum grúpo, d'hum sol, e multiplicar, relativamente á vista, os bellos effeitos destas experiencias, dignas d'occupar hum dos primeiros lugares entre as que servem de espectaculo.

Cheiro que espalha a Electricidade.

DLXXVIII. Quando o fluido electrico se determina a escapar de hum corpo, e atravessa o ar ambiente, succede mui frequentemente que elle espalha hum cheiro analogo ao do alho ou do phosphoro. Este cheiro se torna sobre tudo sensivel quando se approxima de hum fiosco luminozo que se lança d'hum corpo agudo fixo ao conductor da maquina.

Experiencia de Leyde.

Eis-aqui nós chegados á explicação de hum dos factos os mais importantes que forão descobertos, relativamente á electricidade: he este o que he conhecido pelo nome de *experiencia de Leyde*. Alguns attribuem esta descoberta a Cunéus, outros a Musschenbroek, que logo deo parte a Reaumur. Nunca a novidade de hum accontecimento extraordinario excitou huma sensação mais geral. Não houve pessoa que se não quizesse electrizar; esta era a expressão de que se servia, e que ficou, como se a singularidade da experiencia fizesse esquecer que havião outras muitas maneiras d'eletrizar hum corpo. Isto servio mesmo de grande interesse para os phyzicos que estabelecião

maquinas electricas nas praças, e, pela primeira vez, o povo veio admirar maravilhas em lugar de encantos.

DLXXIX. Eis-aqui pois o methodo ordinario como se faz a experiencia: tem-se huma botelha de vidro *ag* (fig. 52, Pl. 4,) cuja superficie exterior he coberta com huma folha d'estanho batido, até a huma certa altura *cd*. O interior he cheio, até á mesma altura de chumbo miudo ou de folhas finas de cobre. Na explicação que nós dermos dos effeitos da botelha, consideramos esta materia interior como fazendo as vezes de huma guarnição semelhante á que está applicada á superfice exterior. A botelha tem huma rolha de cortiça atravessada por hum pequeno varão *an* de metal, cuja parte inferior communica com o corpo que occupa a capacidade da botelha, e cuja parte superior, que he recurvada, he terminada por huma bola metallica *b*. Com huma mão pega-se na botelha por baixo, põe-se a bola *b* em contacto, por alguns instantes, com o conductor de huma maquina electrica, cuja roda esteja em movimento; retira-se depois a botelha, e toca-se a bola *b* com hum dedo da outra mão, ou com hum corpo metallico que se tem nesta mesma mão. De repente se sentem os dois braços abalados com mais ou menos violencia, principalmente nas articulações, e algumas vezes mesmo no peito e n'outras partes do corpo.

DLXXX. Francklin fazia consistir a cauza do phenomeno que acabamos de expôr, na accumulação do fluido electrico na superficie interior da botelha, em quanto huma igual porção do da superficie exterior tinha passado para os corpos ambientes pela força repulsiva do primeiro fluido. Rezultava que a quantidade absoluta d'electricidade contida na botelha era a mesma que d'antes, a superficie exterior tendo perdido tanto fluido, na passagem ao estado negativo, quanto a superficie interior tinha recebido do conductor na passagem ao estado pozitivo. A descarga tinha lugar por huma restituição subita, que fazia a superficie interior á superficie exterior, de todo o fluido que ella tinha mais, por meio da communicação feita entre as duas superficies.

Æpinus ajuntou a esta explicação hum novo gráo de precizão e de exactidão; e consiste em nos approximar dos principios que vamos desenvolver, segundo a hypothese dos dois fluidos.

Idéa geral da Cauza de que depende a Commoção.

DLXXXI. Para conceber mais a fundo o modo como se carrega a botelha, lembremo-nos do cazo em que hum corpo conductor, em estado natural, e não isolado, se approxima por graos do conductor d'huma maquina, cuja roda está em movimento (561). Neste cazo, o fluido natural do primeiro corpo he decomposto, e o fluido vitreo que resulta desta decompozição he repellido para os corpos ambientes, posto que o fluido rezinozo he attrahido para a extremidade que está voltada para o conductor da maquina. A quantidade deste fluido augmenta á medida que a distancia diminue entre os dois corpos; mas seu augmento não tem lugar senão até ao termo pouco remoto, em que a attracção reciproca entre este fluido e o fluido vitreo fornecido pela maquina, se torne capaz de ser superior á resistencia do ar, e determine estes fluidos a escaparem-se para se tornarem a unir. Supponhamos agora que se põe entre os dois corpos huma lamina de vidro, que sendo ao mesmo tempo solida e impermeavel ao fluido electrico, oppõe hum obstaculo, como invencivel á reunião dos fluidos vitreo e rezinozo que, no cazo prezente, abrião logo huma passagem a travez das moleculas moveis do ar. Nada pois impedirá o pôr o conductor da maquina e o corpo não isolado em contacto hum e outro com as faces da lamina de vidro, e esta proximidade dará lugar a huma separação muito mais abundante dos dois fluidos, que além disso não poderão reunir-se; e supondo-se, de mais, que cada huma das faces da lamina de vidro esteja guarnecida com huma folha de metal que se termine em huma certa distancia das bordas, para impedir a communicação de huma para a outra superficie, cada fluido se espalhará pela guarnição que fica da sua parte, e este effeito, devido á attracção reciproca dos dois fluidos, irá augmentando, até hum certo limite que nós determinaremos sem demora.

Eis-aqui em geral, o que se passa quando se carrega huma botelha de Leyde. Este instrumento não he outra couza mais que hum intermediario entre os dois fluidos, hum vitreo fornecido pelo conductor, o outro rezinozo fornecido pelos corpos ambientes, cuja desenvolução, muito mais consideravel do que a que teria lugar sem este intermedio, prepara huma explosão muito mais forte, quando ao depois estes fluidos se reunem subitamente no momento da descarga.

Explicação circunstanciada do Phenomeno.

DLXXXII. Concebamos que AB (fig. 53) reprezenta hum segmento da lamina de vidro que fórma o bojo da bothelha armada ao ordinario, *inpl* huma porção de materia metallica contigua á superficie interior, e *oxst* huma porção da folha d'estanho que cobre a superficie exterior; D seja hum conductor que faça parte de huma maquina electrica, e toque o metal *in* com sua extremidade, e que em fim *ch* seja huma cadêa ou huma materia conductora qualquer preza por huma extremidade ao metal *ox*, e em communicação com o reservatorio commum por sua extremidade opposta.

Supponhamos que o conductor D adquire, pelo movimento da roda, huma certa quantidade de fluido vitreo. Logo que este fluido principia a espalhar-se pelo metal *in*, sua acção decompõe o fluido natural da cadêa e de todos os corpos ambientes a que póde chegar esta acção; do que se concluirá, applicando aqui os principios expostos precedentemente (581), que a superficie *ox* deve-se carregar de fluido rezinozo á custa da cadêa e dos corpos vizinhos, em quanto o fluido vitreo, discombinado, he repellido em hum sentido contrario ao movimento do primeiro.

Seja v^1 huma molecula de fluido vitreo, que se escape ao longo da cadêa. Seja R a quantidade de fluido rezinozo que, neste instante, está espalhado pela superficie *ox*, e V a do fluido vitreo que pertence a superficie *in*. A molecula v^1, ao mesmo tempo que obedece á força repulsiva do fluido V, he sollicitada pela attracção do fluido R que tende a rete-la; e porque a repulsão de V he superior, e por outra parte ella obra de mais longe sobre a molecula v^1, concluiremos que a quantidade de fluido vitreo contido em V he maior que a quantidade de fluido rezinozo contido em R, o que he mais exacto que na theoria de Francklin (580), em que se suppunha as duas superfices igualmente eletrizadas huma em mais, outra em menos.

D'outra parte, as moleculas que compoem o fluido R tendem a escapar-se em virtude de sua mutua força repulsiva. Porém esta força he contarbalançada pela attracção das moleculas do fluido V, que ganhão, por maior numero, o que perdem por maior distancia. Estas moleculas se apartão por si mesmo, e se repellem mutuamente, e esta força não póde ser inteiramente vencida

pela attracção do fluido R, cuja quantidade he menor, e obra de mais longe que a repulsão de que se acaba de fallar. Assim, haverá huma porção excedente de fluido V, que não será retida senão pela resistencia do ar ambiente.

Nós podemos logo imaginar que o fluido V seja composto d'huma porção U, que he retida ao longo de *in* pela attracção de R, e d'outra porção *u*, cujas moleculas não achão obstaculo para o effeito de sua repulsão mutua, senão na resistencia do ar (1).

Se se continúa a electrizar o conductor D, a quantidade de fluido de que V se augmenta, determinará a decompozição d'huma nova porção de fluido natural contido nos corpos em communicação com *ox*; porém ao mesmo tempo a attracção do fluido R, em maior abundancia, crescerá relativamente a cada nova molecula v^1 que tende a escapar-se, o que exigirá que a quantidade *u* de fluido vitreo, empregado em compensar a distancia, augmente de sua parte, e haverá hum termo em que o fluido *u* não terá senão a força necessaria para balançar a resistencia do ar. Passado este limite, proseguindo-se a electrização, todas as novas moleculas de fluido que o conductor D der, se escaparão successivamente, isto he, que a lamina de vidro terá chegado ao ponto de saturação; porque vê-se bem que então não poderá nenhum mais escapar-se dos corpos em communicação com *ox*, porque tanto a força de V obraria para repellir, por exemplo, huma molecula de fluido vitreo que sahisse da combinação, tanto a attracção de R obraria para rete-la.

DLXXXIII. Neste estado de couzas, desprendei a cadêa *ch*, applicai hum dedo á superficie *ox*. Nada succederá de novo em virtude deste contacto; pois que não fizestes mais que substituir vosso dedo em lugar da cadêa da qual todos os pontos erão incitados assim como vimos, por forças que se equilibravão. Agora ponde o mesmo dedo na superficie *in*. Ora, aqui o equilibrio não tem mais lugar, porque nada contrabalança a acção da porção do fluido *u*, que não he retido senão pela resistencia do ar. Esta porção excedente obrará logo no fluido natural do dedo, para o decompor; ella repellirá o fluido vitreo des

---

(1) He vizivel que a quantidade de fluido V será sempre menor que a quantidade de fluido R, assim como esta he menor que a que he contida em V ou U+*u*.

te dedo para as partes posteriores, e se unirá com o fluido rezinozo, para tornar a compor o fluido natural que se perdeirá pelos corpos ambientes.

Quanto ao fluido U, elle continuará a ser conservado na superficie *in*, pela attracção do fluido R, e o equilibrio se restabelecerá entre as forças electricas relativas aos differentes pontos desta superficie. Porém elle será rompido na superficie *ox*, porque a porção d'electricidade rezinoza que nella se acha retida pela attracção do fluido *u*, que o dedo roubou, não o será senão pelo ar adjacente. Logo, se conduzirdes de novo o dedo á superficie *ox*, far-se-ha de novo huma decompozição do fluido deste dedo em sentido contrario, de maneira que a porção vitrea do mesmo fluido se unirá com a do fluido R, que excedia.

He facil agora conceber que applicando successivamente o dedo ás duas superficies, onde o equilibrio entre as forças electricas será da mesma sorte rompido alternativamente, chegareis por vezes a descarregar inteiramente a botelha, isto he, que cada huma das duas superficies se privará de seu excesso d'electricidade vitrea ou rezinoza, depois do que ella se achará reduzida ao seu estado natural. Observa-se, em igual cazo, que o restabelecimento de equilibrio se torna sensivel cada vez, por huma pequena faisca que salta entre o dedo e a superficie tocada.

Ora se em lugar de descarregar a lamina de vidro por vezes, vós applicardes ao mesmo tempo as duas mãos ás duas superficies oppostas desta lamina, todos os effeitos que accontecião no primeiro methodo, concorreráõ juntamente; de sorte que as duas faces attrahiráõ os fluidos da especie differente, que fazem parte do fluido natural dos dois braços, para se combinarem com estes fluidos, e repelliráõ, com a mesma velocidade, os fluidos heterogeneos hum contra o outro; e a esta complicação d'effeitos, que tem lugar com huma grande energia, e de huma maneira sensivelmente instantanea, he que he devida, em geral, a forte commoção que experimenta o que faz a experiencia de Leyde. He hum resultado de mecanica, limitando-se a attender ás forças de que ella depende. He huma duplicada operação d'analyse e de synthese, concebendo-se estas forças como existentes em agentes suggeridos por huma theoria plausivel.

DLXXXIV. Quando se descarrega a lamina de vidro por contactos repetidos, como ha pouco expozemos, as quantidades de fluido vitreo ou rezinozo, que o dedo rouba successivamente a cada superficie *in* ou *ox*, diminuem neces-

sariamente de hum contacto para o outro. Biot procurando, pelo calculo, a lei desta diminuição, foi conduzido a este resultado interessante, que as quantidades do fluido em questão formão huma progressão geometrica (1).

DLXXXV. O que fazia a experiencia de Leyde ainda mais curioza, era que se podia fazer em sociedade, de sorte que muitas centenas de pessoas arranjadas em semicirculo,

---

(1) Eis-aqui a demonstração deste resultado, tal como seu celebre author felizmente nos quiz confiar. Seja A (fig. 54), a superficie da lamina de vidro que communicava com o conductor, B a que communicava com a terra; designemos por E a quantidade de fluido vitreo que estava accumulado sobre A no momento em que se isolou a lamina, e por *e* a quantidade do fluido rezinozo que estava fixo em B. Haverá entre E e *e* huma certa razão dependente da espessura da lamina; esta razão será constante para huma mesma lamina, pois que se E occulta *e*, k E occultará *ke* na mesma distancia. Haverá logo entre *e* e E a equação $e + mE = 0$, sendo *m* huma constante pozitiva e menor que a unidade.

No momento em que se toca A, huma parte do fluido que ahi se achava accumulado corre para a terra, e não resta mais que a quantidade que *e* póde occultar a distancia. Seja E^1 esta quantidade, haverá entre E^1 e *c* a mesma relação que entre *e* e E, o que dará $E^1 + me = 0$. A tensão será então do lado da electricidade *e*. Tocando-se depois B, restará huma certa quantidade d'electricidade que nós chamaremos e^1; a tensão renascerá sobre a outra face, e ter-se-ha $e^1 + m E^1 = 0$.

Continuando a reprezentar os effeitos dos differentes contactos, achar-se-ha huma serie d'equações semelhantes ás precedentes; e reunindo-as a estas, ter-se-ha,

$$e + mE = 0$$
$$E^1 + me = 0$$
$$e^1 + mE^1 = 0$$
$$E^{11} + me^1 = 0$$
$$e^n + nE^n = 0$$
$$E^{(n+1)} + me^n = 0,$$

sendo *n* o numero dos contactos. Tirão-se dellas os dois systemas d'equações seguintes, que se raportão cada hum a huma das faces da lamina de vidro.

erão todas tocadas no mesmo instante. Resolveo-se estender ainda o campo da experiencia, fazendo entrar na commu-

---

$E' = m^2 E.$ $\qquad e' = m^2 e.$

$E'' = m^2 E'.$ $\qquad e'' = m^2 e'.$

$E^{(n+1)} = m^2 E^n.$ $\qquad e^{(n+1)} = m^{2n} e.$

O primeiro systema faz conhecer as quantidades de fluido que restão successivamente sobre a face A, e o segundo as que restão sobre a face B.

Segundo estas formulas, podem-se calcular as quantidades de que se trata em funções das primeiras, e ter-seha.

$E' = m^2 E$ $\qquad e' = m^2 e.$

$E'' = m^4 E$ $\qquad e'' = m^4 e$

$E^{(n+1)} = m^{2(n+1)} E.$ $\qquad e^{(n+1)} = m^{2(n+1)} e.$

E he vizivel que ellas formão huma progressão geometrica. Suas differenças darão as perdas de fluido feitas successivamente pelas duas faces, em virtude dos contactos repetidos. Ellas serão exprimidas por

$E - E' = (1 - m^2) E.$ $\qquad e - e' = (1 - m^2) e.$

$E' - E'' = (1 - m^2) m^2 E.$ $\qquad e' - e'' = (1 - m^2) m^2 e.$

$E^n - E^{(n+1)} = (1 - m^2) m^{2n} E.$ $\qquad e^n - e^{(n+1)} = (1 - m^2) m^{2n} e.$

E concebe-se, pela simples inspecção destas formulas, que as perdas do fluido que tem lugar, relativamente a cada face, á medida que se descarrega a lamina, seguem da mesma fórma huma progressão geometrica decrescente, cuja razão he m. Assim quanto mais pequena for a quantidade m, mais pequenas tambem serão as quantidades restantes de fluido, e as perdas que lhe correspondem decresceráõ rapidamente; de sorte que depois de hum pequeno numero de contactos, ellas se tornaráõ insensiveis, e a lamina parecerá inteiramente descarregada. Como o valor de m depende da espessura do vidro, vê-se que huma lamina muito delgada exigirá mais tempo para se descarregar desta maneira, do que huma lamina mais espessa.

nicação, independentemente de muitos observadores, a agua de hum rio, fios compridos de ferro, e mesmo porções de terreno. Os Francezes principiarão, e fizerão correr em communicação hum espaço de duas mil toezas, a longo do qual ella foi transmetida de huma maneira muito sensivel. Os Inglezes adiantarão este resultado, e em huma de suas experiencias, a viagem (porque o he certamente) foi de quatro milhas Inglezas. Elles tentarão calcular a velocidade da commoção, por hum meio analogo ao que se empregou para avaliar a do som (477). Porém a differença entre o momento da partida e o do retorno, lhe pareceo inappreciavel.

DLXXXVI. Querendo-se servir da botelha, para fazer sensivel a explicação que nós demos de seus effeitos (582), suppondo que ella seja descarregada progressivamente por contactos rapidos nas duas superficies, electrizar-se-hia primeiro como dissemos, depois far-se-hia passar por baixo do corchete *m* (fig. 52) hum cordão de seda, com o qual se tivesse suspensa, ou antes por se-hia sobre hum isolador, depois do que se tocaria alternativamente, com hum dedo, a bola *b* e a guarnição exterior.

DLXXXVII. Se a botelha estiver isolada durante que a bola *b* estiver em contacto com o conductor da maquina, ella nunca se carregará, principalmente no cazo em que o ar ambiente estivesse mui secco. Sómente sua superficie interior receberia do conductor huma pequena quanti-

---

Rigorozamente, seria necessario huma serie infinita de contactos para descarregar inteiramente a lamina de vidro; porque se se ajuntão as formulas que dão as perdas successivas, suppondo estas continuando ao infinito, acha-se por sua somma $(1-m^2)E(1 \quad m^2 \quad m^4 + \ldots\ldots)$. A serie comprehendida entre os dois parenteses tem por somma $\frac{1}{1-m^2}$, e resulta que a somma total das perdas relativas á face A he igual a E. Achar-se-ha da mesma sorte que a somma das perdas relativas á face B he reprezentada por *e*. Porém isto he hum cazo puramente mathematico, e succede em geral, que depois de hum certo numero de contactos, a quantidade d'electricidade restante cessa de ser sensivel.

dade de fluido, cuja repulsão sendo sem effeito para o fluido do mesmo nome, accumulado na guarnição exterior, não poderá fazer passar este ao estado opposto, como he necessario para determinar a descarga da botelha.

DLXXXVIII. Quanto mais fina for a botelha, mais, sendo tudo igual, ella se electrizará. Porque, d'hum lado, o fluido vitreo de *ilpn* (fig. 53.) obra com mais energia no da parte opposta, em razão d'huma maior distancia entre as duas superficies. D'outra parte, o fluido rezinozo em estado livre na lamina *otsx*, sendo mais abundante, se torna capaz de conservar, por sua attracção, huma maior quantidade de fluido vitreo na lamina *ilpn*; do que se segue que o ponto de saturação da botelha será mais alto quanto mais grosso for o vidro. No mesmo cazo, as duas quantidades de fluido V e R differiráõ menos huma da outra, ou, o que he o mesmo, a quantidade *u*, que compensa o que a força do fluido de *ilpn* perde relativamente á distancia, será menor, pois que a mesma distancia se achará diminuida, de sorte que esta quantidade se tornará nulla, suppondo-se a espessura infinitamente pequena.

DLXXXIX. Como o vidro nunca he perfeitamente impermeavel ao fluido electrico, ha sempre huma certa quantidade de fluido vitreo ou rezinozo que penetra hum pouco a espessura da botelha, onde elle está como recalcado, durante que esta se electriza. No momento em que se descarrega a botelha, esta porção de fluido resta introduzida no vidro, em consequencia da força coercitiva, de sorte que ella não influe no effeito que então se produz. Porém depois suas moleculas se separão humas depois das outras, e passão para a guarnição onde ellas determinão huma nova dispozição a produzir commoção, ainda que em hum gráo muito mais fraco que a primeira vez. He o que experimentão frequentemente os que tendo feito a experiencia de Leyde, e julgando a botelha inteiramente descarregada, pegão nella logo; e levando de novo o dedo á bola que termina o crochete, ficão surprehendidos de receber ainda huma commoção, o que póde ter lugar muitas vezes, por gráos sempre decrescentes.

DXC. Querendo-se descarregar a botelha sem alguma commoção faz-se uzo de huma verga de cobre *efh* (fig. 56), recurvada em arco e terminada por duas bolas, á qual se dá o nome de excitador. Pega-se-lhe com a mão no lugar *f* de sua curvatura, põe-se a bola *h* em algum ponto da guarnição exterior da botelha, depois approxima-se a bola

e da que termina o crochete, e descarrega-se desta maneira impunemente, cuja descarga he acompanhada de huma grande faisca. Póde-se pelo mesmo methodo, inflammar o algodão. Para se obter isto, embrulha-se a bola *b* (fig. 52) com huma camada fina desta substancia filamentoza, que se pulveriza depois com rezina esbroada; no momento da descarga a faisca acende o algodão.

DXCI. Diz-se que huma botelha de Leyde esta *electrizada vitrozamente* quando sua guarnição interior e seu crochete estão em estado vitreo, como no cazo que acabamos de vêr. Querendo-se carrega-la rezinozamente, ou de maneira que sua superficie interior chegue ao estado rezinozo, pega-se-lhe pelo crochete, e conserva-se sua guarnição exterior em contacto com o conductor da maquina em acção. Retira-se ao depois de alguns instantes, e põe-se em cima de hum isolador. Póde-se servir então para receber a commoção, como explicamos mais acima (579). Neste cazo, a botelha estando carregada em sentido inverso do que tem lugar, quando electrizando-se ella communica por seu crochete com o conductor da maquina, a mesma inversão subsiste relativamente aos movimentos dos dois fluidos cuja reunião determina a descarga da botelha.

Quadrado Fulminante.

DXCII. Substitue-se algumas vezes em lugar da botelha hum quadrado de vidro guarnecido, em cada face, de huma folha d'estanho, que não chega até ás bordas d'este quadrado, mas que deixa hum espaço de quaze 54 millimetros, ou 2 polegadas, entre a guarnição e a borda do vidro. Deita-se o quadrado sobre huma meza, e interpõe-se, entre esta meza e a guarnição inferior, huma cadêa pequena que desce até ao chão. Communica-se, por meio de huma verga de metal, a guarnição superior com o conductor da maquina. No momento em que o apparelho estiver mui electrizado, pegando-se na cadêa em contacto com a guarnição inferior, e com a outra mão se toca a guarnição superior, recebe-se huma violenta commoção. Porém he facil de se evitar, servindo-se de hum excitador para descarregar o apparelho. Deo-se ao quadrado de vidro de que se trata, os nomes de *quadrado magico* e de *quadrado fulminante.*

Carga á semelhança de huma Cascata.

DXCIII. Pódem-se carregar ao mesmo tempo muitas botelhas, dispondo-as da maneira seguinte. Suspende-se no conductor da maquina huma primeira botelha, no fundo da qual ha hum crochete. Serve este crochete para suspender huma segunda botelha na primeira. Continua-se a serie, pelo mesmo meio, e suspende-se no crochete da ultima, huma cadêa que communique com o chão. Quando se põe a roda da maquina em movimento, o fluido vitreo, que se accumula na guarnição interior da primeira botelha, decompõe o fluido natural da guarnição exterior, e repelle a parte vitrea deste fluido para a guarnição interior da segunda botelha, e assim successivamente. Resulta que todas as superficies se carregão huma por intermedio da outra, á excepção da primeira, que recebe sua carga do conductor, e a ultima, que recebe a sua dos corpos ambientes. Desprendendo-se a cadêa suspensa na ultima botelha, poder-se-hão descarregar todas por vezes, como nós expozemos no cazo de huma só botelha (583), limitando-se a tocar alternativamente, huma vez o botão que communica com a guarnição interior da primeira, depois a guarnição exterior da ultima (1). Poder-se-ha tambem de huma vez descarregar todas as botelhas, recebendo a commoção por contactos simultaneos das duas mãos applicadas aos mesmos lugares. Esta maneira de carregar muitas botelhas suspensas huma na outra, se chama *a carga por cascata.*

---

(1) Biot estendeo ao cazo que nós consideramos aqui, a analyse que lhe servio para determinar a lei a que estão submetidas as perdas que as duas superficies d'huma e mesma botelha fazem do seu fluido por contactos successivos. Para desenvolver este novo resultado, elle se limita a considerar os estados de tres laminas de vidro (fig. 55.) que communiquem entre si, e que reprezentão tres botelhas dispostas como já dissemos. Estas laminas sendo julgadas iguaes em tudo, ter-se-ha por tanto

$$e + mE = 0.$$

$$e_1 + mE_1 = 0.$$

$$e_2 + mE_2 = 0.$$

Mas aqui ha de mais condições particulares, que são que e e E_1 resultão da decompozição do fluido natural da

Effeitos das Batarias Electricas.

DXCIV. Depois da observação que o effeito da descar-

face B, e que da mesma sorte e^{I} e E^{2} resultão da decompozição do fluido natural da face B'. Daqui provém duas equações para se juntarem ás primeiras, que serão . . . .

$$e + E_1 = 0.$$

$$e_1 + E_2 = 0.$$

Tocando-se a face A, B'' sendo isolada, todas as quantidades de fluido variaráõ, excepto e_2; e designando-as pelas mesmas letras, ter-se-ha

$$E' + me' = 0. \qquad e' + E'_1 = 0.$$

$$E'_1 + me'_1 = 0. \qquad e'_1 + E'_2 = 0.$$

$$E'_2 + me'_2 = 0.$$

E assim por diante em cada contacto.

As formulas relativas ao primeiro estado d'equilibrio dão, pela eliminação,

$$e + mE = 0. \qquad E_1 - mE = 0.$$

$$e_1 + m^2E = 0. \qquad E_2 - m^2E = 0.$$

$$e_2 + m^3E = 0.$$

De sorte que as quantidades de fluido occultas em cada huma das faces B, B', B'', seguem huma progressão geometrica decrescente. Seria o mesmo, qualquer que fosse o numero das laminas postas em communicação, e a ultima seria muito menos carregada que a primeira. Esta differença será tanto maior, quanto m for menor, e por consequencia ella crescerá á medida que as laminas forem mais espessas.

Combinando as formulas relativas ao primeiro contacto, acha-se

$$E' + m^3e_2 = 0.$$

$$E'_1 + m^2e_1 = 0.$$

$$E'_2 + me_2 = 0.$$

Pondo em lugar de e seu valor, vem

$$E' - m^6E = 0.$$

$$E'_1 - m^5E = 0.$$

$$E'_2 - m^4E = 0.$$

ga tem lugar com mais energia, á medida que se augmenta a extensão das superficies nas quaes os dois fluidos se accumulão, imaginarão-se estas grandes batarias que resultão da reunião de muitos vazos que se fazem obrar todos successivamente. Por meio deste apparelho, hum fio de ferro que se julga fazer parte do excitador, se torna incandescente, e se dispersa em muitos pequenos grãos que estão em estado d'oxydo. Põe-se huma folha de oiro entre dois vidros que se unem fortemente hum com o outro, por via de huma pequena imprensa de páo; huma das extremidades da folha communica com a guarnição exterior do apparelho, e a outra com huma das bolas do excitador. Faz-se passar desta maneira a descarga a travez do metal que se reduz a pó e se incrusta no vidro. Huma ave colocada de maneira que receba a commoção, he morta. O espectador, horrorizado da violenta explosão que produz estes phenomenos, fica menos surprehendido ouvindo dizer que a materia da electricidade seja a mesma que aquella que produz o raio.

DXCV. A respeito dos effeitos que tem lugar quando se expõe a humn grande commoção huma lamina muito fina de metal, como na experiencia que acabamos de citar, parece que sua verdadeira cauza he a força expansiva do fluido electrico que obra em dilatar os corpos, e separar suas moleculas humas das outras. Se o metal não he oxidavel immediatamente, a acção desta força expansiva se limita a dispersar suas moleculas. A elevação de temperatura que sobrevem neste cazo he devida verdadeiramente ao quanto as partes que se dilatão mais, comprimem as que se dilatão menos; donde resulta huma especie de condensação que occaziona huma separação de calorico (227). Berthollet e Carlos fazendo passar poderozas descargas electricas a travez de hum fio de platina, observarão que este fio tinha sómente adquirido hum calor que elles julgarão quazi igual ao do agoa fervendo, e que era por consequencia muito inferior ao calor capaz d'operar a fuzão da platina. Se o metal he susceptivel de se oxydar facilmente; se he por exemplo hum fio de ferro ou de cobre, a separação das moleculas, diminuindo sua

---

A quantidade E' de fluido que resta na face A, depois do primeiro contacto, he ainda menor que senão tivesse havido mais do que huma só lamina.

affinidade reciproca, as dispõe a unirem-se com o oxygenio do ar ambiente, e he então a oxydação por si mesmo que produz o alto grão de calor a que o metal se acha exposto (1).

Solução de muitas Difficuldades.

DXCVI. Entre os differentes resultados que se obtem, por via de huma explosão electrica, ha hum que deo aos partidistas da doutrina de Francklin huma objecção especial contra a hypothese dos dois fluidos; eis-aqui em que consiste. Sejão *amb*, *cnd* (fig. 57) dois conductores metallicos, dos quaes hum, como *amb*, communique com a superficie interior de huma bataria, e o outro *cnd* com a superficie exterior. Supponhamos que se põe entre estes dois conductores hum cartão fino de que GH reprezenta a projecção vertical, de maneira que o conductor *amb* toque este cartão por baixo, e o conductor *cnd* a toque por cima. Electrizando-se a bataria ordinariamente, haverá hum termo em que os dois fluidos se acharáõ de tal fórma accumulados nos conductores, que sua attracção mutua dará lugar a huma descarga espontanea da bataria. Neste cazo a faisca, partindo da extremidade *m* do conductor que está em estado vitreo, escorrega pela superficie *mt* do cartão, onde ella fórma hum rasto de luz; no mesmo instante a carta he furada em *t*, e percebe-se hum ponto luminozo na extremidade *n* do conductor *cnd*. Esta experiencia concorda muito bem com a suppozição d'hum só fluido que, depois de estar accumulado na superficie interior da bataria, a abandona no momento da explosão, e precipitando-se sobre o conductor *cnd*, vai substituir o fluido que faltava á superficie exterior.

DXCVII. Citou-se tambem em favor da mesma opinião, a diversidade de aspectos debaixo de que se deixa ver a luz que se appercebe na extremidade d'um conductor agudo posto em prezença d'hum conductor electrizado. Quando faiscava o fluido electrico sahia do corpo agudo para se transportar para o conductor que estava em estado negativo; e quando ao contrario não se via mais que hum ponta luminoza, o fluido se escapava do conductor electrizado pozitivamente, para se transportar para o ponto que, estan-

---

(1) Statique Chimique, t. I. pp. 299 et 263.

do em estado opposto, attrahia para si este fluido. Tremery, Professor de Physica, de grande merito, imaginou, para resolver estas difficuldades, huma hypothese muito admissivel, que elle confirmou por experiencias engenhozas (1). Segundo esta hypothese, a força coercitiva dos corpos idio-electricos, isto he, a resistencia que elles oppoem ao movimento do fluido electrico em seu interior (552), não seria a mesma para os dois fluidos vitreo e rezinozo; de sorte que poderia mui bem succeder que, em certos corpos, ella fosse incomparavelmente maior, relativamente a hum dos fluidos, que relativamente ao outro. O ar atmosferico estaria neste cazo, e opporia huma mui grande resistencia ao movimento do fluido rezinozo, se bem que elle não resistiria, com a mesma força, ao movimento do fluido vitreo.

Segundo esta hypothese, quando se empregasse o apparelho que descrevemos, succederia que no momento da descarga o fluido vitreo sahiria do conductor *amb*, para ir reunir-se ao fluido rezinozo que seria conservado á roda do conductor *cnd*, pela força coercitiva do ar; e sua passagem a travez do cartão teria lugar no ponto *t*, situado immediatamente abaixo do ponto *n*, o que nós vimos ser conforme a experiencia.

Agora se, por effeito de huma cauza qualquer, como seria aquella que trouxesse huma mudança na densidade do ar, a força coercitiva deste ar para o fluido rezinozo podia diminuir relativamente á que teria lugar para o fluido vitreo, de maneira que as duas forças chegassem a ser iguaes, os dois fluidos, no momento da descarga, se lançarião hum para o outro, de sorte que se apercêberia hum flosco luminozo na ponta de cada conductor.

Pódem-se fazer outras suppozições, segundo as quaes a força coercitiva para o fluido vitreo excederia de sua parte á que teria lugar relativamente ao fluido rezinozo; e se a primeira se torna incomparavelmente maior que a outra, ter-se-ha o phenomeno inverso do que se observa no cazo ordinario.

DXCVIII. Para verificar esta theoria, Tremery poz o apparelho reprezentado (fig. 57) debaixo do recipiente d'huma maquina pneumatica, e fez o vacuo até ao ponto em que a pressão do ar, indicado por hum barometro de prova, não fosse mais que de 14 centimetros, quazi 5

(1) Journal de Physique, Floréal an X. p. 357. e seg.

polegadas e duas linhas. Sendo depois electrizado o apparelho, a explosão foi feita de maneira que o cartão foi furado no ponto *s*, situado quazi no meio da distancia entre as extremidades *m*, *n*, dos dois conductores. Este phenomeno mui notavel indicava que, em consequencia da diminnição que o ar sofria na sua densidade, a razão entre as forças coercitivas, a respeito dos dois fluidos, variava de modo que ellas se tornavão sensivelmente iguaes.

O mesmo Physico deixou, por diversas vezes, entrar o ar no recipiente, e observou que cada gráo de densidade determinava, para o lugar em que o cartão era furado, huma pozição particular posta entre o meio *s* do cartão, e a extremidade *n* do conductor electrizado rezinozamente.

DXCIX. Vê-se agora em que consiste a differença entre os dois aspectos debaixo dos quaes se offerece a luz que se deixa vêr na extremidade d'hum corpo agudo, segundo as circunstancias. Se o corpo agudo estiver situado defronte d'hum conductor carregado de fluido rezinozo, o fluido vitreo do primeiro se lançará debaixo da fórma de raios divergentes, para se transportar para o conductor onde o fluido rezinozo, que exerce sobre elle sua attracção, he conservado pela força coercitiva do ar. Se, pelo contrario, o conductor estiver electrizado vitrozamente, seu fluido será attrahido pelo corpo agudo, e a reunião deste fluido com o fluido rezinozo, que não terá lugar senão na extremidade do mesmo corpo, produzirá o ponto luminozo que se vê neste lugar.

Descripção de alguns Instrumentos Electricos particulares.

Os physicos inventarão muitas especies de instrumentos proprios para diversas experiencias cada hum dos quaes tem hum fim particular. Quatro destes instrumentos nos parecem sobre tudo merecer huma explicação.

Electrophoro.

DC. Deo-se o nome *d'electrophoro* a hum apparelho que tem a faculdade de conservar por muito tempo a virtude electrica. He composto de huma roda *st* (fig. 58) de materia rezinoza, sobre o qual se põe hum disco de metal *ag*, fixo pelo meio a hum cylindro de vidro *mn*. Este disco sendo separado da rezina, esta se electriza fustigando-a com huma pelle de lebre ou de qualquer outro animal de pelo; depois applica-se o disco de metal sobre a rezina, e

põe-se hum dedo sobre o mesmo disco por hum instante. Isto feito, retira-se depois o dedo, depois eleva-se o disco por meio do cylindro de vidro, *mn*, destinado a conserva-lo isolado. Apprezentando-se então o dedo ou hum excitador ao disco, vê-se apparecer huma faisca entre hum e o outro. Tornando applicar o disco á rezina, sem ser obrigado a electriza-la de novo, e repetindo de resto o mesmo processo, obter-se-hão novas faiscas cuja força não parecerá diminuir sensivelmente; e se se serve de hum crochete de huma botelha de Leyde para as produzir, chegar-se-ha, em pouco tempo a carrega-la.

DCI. Para explicar estes effeitos, notemos que no momento em que se põe o disco metallico sobre a roda *st* que se electrizou, o fluido rezinozo desta attrahe o fluido vitreo do disco, o qual não podendo passar para a rezina cuja natureza he idio-electrica, fica na superficie inferior do disco. O fluido rezinozo deste se acha repellido ao mesmo tempo para a superficie superior. Ora, o disco, não tendo mais que sua quantidade natural de fluido electrico, que sómente he decomposto, seu fluido rezinozo obra, por isto só, mais fortemente sobre o dedo em contacto com o mesmo disco, do que o fluido vitreo que está a huma maior distancia (561), Mas esta acção he ainda ajudada pela do fluido do mesmo nome que pertence á rezina, e desta fórma o fluido vitreo, que faz parte do fluido natural contido no dedo, será attrahido pelo disco metallico, e se unirá com o fluido rezinozo espalhado pela superficie superior. Logo se depois de ter retirado o dedo; se tira o disco metallico, se achará em estado d'electricidade vitrea; depois do que he facil de conceber o resto.

Ordinariamente a roda de materia rezinoza assenta sobre outro disco metallico, sobre o qual se deita esta materia no momento em que ella está em fuzão. O fluido que occupa a superficie superior da roda, obra tambem a travez da espessura da mesma, no disco que adhere á sua superficie inferior. Mas nós nos dispensamos aqui de dar atenção a esta acção, que he fraca, para não considerar senão a primeira, que sómente he dirigida para o effeito que se propoz obter.

DCII. Póde-se empregar a roda do electrophoro para produzir hum destes phenomenos, o qual á primeira vista excita huma surpreza seguida de hum dezejo de conhecer as cauzas. Tendo carregado rezinozamente huma botelha de Leyde (591), pega-se-lhe pela guarnição exterior, e depois de ter posto a bola que termina o crochete, em contacto com hum ponto situado no meio da roda de rezina, an-

da-se com esta bola, como para traçar no mesmo lugar huma letra ou qualquer outra figura. Descarrega-se a botelha, por meio de hum excitador (59°), e electriza-se vitrozamente, depois conduz-se de novo a bola terminal á roda de rezina, fazendo-a serpentear pelas suas bordas, como para fazer huma muldura á figura do meio.

Isto feito, toma-se huma especie de pequeno fole d'huma fórma cylindrica, e construido de tal maneira que quando se põe em acção, as duas almofadas que lhe servem de bazes se approximem e se apartem alternativamente huma da outra. Introduz-se neste folle, por hum boraco feito na baze superior, huma mistura de duas poeiras finas, huma de enxofre, a outra de *minium* ou d'oxido de chumbo vermelho, depois tapa-se o boraco. A baze inferior he tambem furada, cujo boraco fica aberto. Põe-se depois o folle em acção, de modo que faça voar huma nuvem ligeira de poeira por cima da superficie da roda que he logo coberta. Vê-se apparecer então no meio desta superficie hum caracter avermelhado, composto de parcellas de minium, que se introduzirão no lugar por onde o crochete da botelha correo, quando elle estava em estado rezinozo; e a cercadura offerece huma bordadura amarelada, formada pelas parcellas de enxofre que se alojarão nos lugares pelos quaes passou o mesmo crochete electrizado vitrozamente.

DCIII. Para explicar estes effeitos, prosigamos as differentes circunstancias da experiencia. O crochete da botelha carregada então rezinozamente, communica huma electricidade da mesma natureza, a todos os pontos da roda de rezina successivamente em contacto com elle, e o mesmo crochete sollicitado pela electricidade contraria, a reparte com os pontos que elle corre. Quando depois se faz obrar o folle, as duas poeiras agitando-se se electrizão por sua fricção mutua, de maneira que o enxofre adquire a electricidade rezinoza, e o minium a electricidade vitrea. Resulta que o enxofre se encaminha para os pontos da roda que estão em estado vitreo, posto que o minium obedece á attracção dos que estão em estado rezinozo (557) A roda faz tambem escolha das parcellas que devem dar corpo ás figuras traçadas invizivelmente pelos dois fluidos electricos.

Observando-se cada huma destas figuras com attenção, vê-se que as parcellas do enxofre applicadas á parte da roda, que está em estado vitreo, estão dispostas debaixo da fórma de pequenas borlas, se bem que as parcellas do minium fixas na parte que está em estado rezinozo não dão

algum signal de divergencia. Estes dois aspectos estão em razão com os que apprezentão os corpos agudos, que lanção raios abertos em floscos, quando sua electricidade he vitrea, e não offerece mais que pontos de luz, quando elles estão em estado rezinozo (573). A maneira de fazer a experiencia na ordem que nós indicamos, foi imaginada segundo a diversidade de que se trata. Porque então os floscos nascem sobre o painel que ellas ornão, em lugar do que elles se confundirão na figura do meio, que deve ser legivel.

Condensador.

DCIV. A invenção d'outro instrumento, que se chama *condensador*, he devida ao celebre Volta. Seu uzo he fazer sensiveis as pequenas quantidades d'electricidade fornecidas pelos corpos ambientes, determinando-as a accumularse na superfecie que elle apprezenta á sua acção. Este instrumento não differe do electrophoro, senão em se achar a roda de rezina substituida por hum corpo do genero d'aquelles que não isolão senão imperfeitamente, e que tem o meio termo entre os corpos conductores e os corpos idioelectricos: tal he, por exemplo, o marmore branco. Concebamos que o disco sendo posto sobre huma roda desta substancia, receba, por communicação, hum pequeno gráo de electricidade que supporemos ser rezinoza. O fluido natural do marmore branco, repellindo para baixo o fluido rezinozo, e attrahindo para cima o fluido vitreo. O marmore, de sua parte, obrará sobre o disco, em virtude de sua electricidade vitrea, cuja força se exerce de mais perto, para nelle conservar a pequena porção de electricidade rezinoza communicada. Outra quantidade de fluido chegando por sua vez ao disco metallico, decomporá huma nova porção do fluido natural contido no marmore, que adquirirá de sua parte hum novo grao de força attractiva, e assim por diante. Eis-aqui pois o que faz o marmore: deixa huma certa acção ao fluido que elle contém, para nelle se mover, porque elle he meio conductor; mas como he tambem em parte idio-electrico, o fluido rezinozo do disco, que elle attrahe para si, se acha afastado pela resistencia que elle experimenta no lugar do contacto, que se faz além disto pelas faces planas, cuja figura se presta menos ao effeito da attracção, que a das superficies curvilineas. As pequenas quantidades d'electricidade que recebia successivamente o disco, continuaráõ pois a accumular-se ahi ao pon-

to que se, depois de o ter roubado, se lhe apprezenta o dedo, poder-se-ha tirar huma faisca mais ou menos viva.

Electrometro de Cavallo.

DCV. O instrumento, assim chamado, consiste em duas balas de medula de sabugueiro, de hum mui pequeno diametro, suspensas por meio de dous cabellos a huma bola de cobre que repouse no orificio de huma especie de frasco de vidro. Appresenta-se hum páo de cera d'Hespanha, electrizado pela fricção, a huma pequena distancia da bola, em quanto se tem hum dedo, sobre esta bola. Retira-se depois, primeiro o dedo, depois a cera, e he facil de conceber, por hum raciocinio semelhante ao que nós fizemos para o electrophoro (601), que todo o apparelho sendo então carregado de electricidade vitrea, as duas balas devem-se reppellir e conservarem-se apartadas huma da outra. Cada vez que se aprezenta a cera em huma certa distancia do ponto de suspensão, as balas se approximão, porque a cera faz recuar para a bola de cobre huma parte da electrecidade das balas. Diminuindo-se a distancia, poderá acontecer que as balas, perdendo todo o seu fluido addicional, tornem ao estado natural chegando a tocar-se; logo se approximardes ainda mais o páo de cera, a força de sua electricidade rezinoza, determinando a transportar-se para o ponto de suspensão huma maior quantidade de fluido vitreo, decomporá o fluido natural das balas, que passarão tambem a estado de electricidade rezinoza, e se repellirão de novo: de sorte que aos olhos de quem esta observação se offerecer, sem ser esclarecida pela theoria, ella se achará em contradicção com a primeira, em que a cera, aproximando-se do ponto de suspensão, sollicitava as balas a moverem-se huma para a outra.

DCVI. Este electrometro dá hum meio facil de determinar a especie de electricidade de hum corpo qualquer. Por exemplo, no caso que nós viemos de citar, todo o corpo que tiver electricidade vitrea, aproximando-se da bola que termina o apparelho, augmentará o apartamento entre as duas pequenas balas de medula de sabugueiro; se, ao contrario, o corpo estiver carregado de electricidade rezinoza, o primeiro movimento das balas será de tender huma para a outra.

Prendendo-se á bola de metal huma agulha terminada por huma ponta fina, e pondo-se o apparelho em huma janella, em hum tempo tempestuoso, vêr-se-hão continuamen-

te as ballas separarem-se espontaneamente huma da outra; e electrizando-as, pelo processo que viemos de expôr, poder-seha conhecer a especie de electricidade de que o ar he animado.

Electrometro-Condensador.

DCVII. Se se suppõe que os effeitos do condensador sejão combinados com os do electrometro de Cavallo, far-se-ha huma idéa do quarto instrumento, ao qual volta deo hum destino bem notavel, empregando-o a determinar os effeitos da electricidade galvanica, da qual fallaremos ao depois. A parte deste instrumento, que faz o officio d'electrometto, he composta de duas febras de palha *or*, *os* (fig. 59.), que devem ser iguaes e muito direitos. Suspendem-se por meio de dois fios de metal mui finos teminados em gancho, e que joguem livremente em duas pequenas aberturas feitas na extremidade inferior d'huma pequena peça de metal, cuja extremidade opposta he soldada por baixo do obturador d'hum frasco *fhk*. Por cima do mesmo obturador está atarrachada huma roda ou disco de cobre *cd*, guarnecido inferiormente de hum fio metallico terminado por hum globulo *g*. Deo-se a este disco o nome *roda collectora*, porque seu uzo he recolher as pequenas quantidades de fluido electrico que se querem fazer sensiveis por sua accumulação. Esta roda sustenta outra *ab*, á qual está prezo hum cylindro de vidro *mn*, e que communica com os corpos ambientes, por meio de huma lamina metallica *ily* curvada de maneira que se não approxime muito da roda collectora. Cada roda he envernizada na superficie pela qual ella está em tontacto com a outra. O franco tem exteriormente huma graduação *tq*, segundo a qual se julga com pouca differença da separação das duas palhas, segundo as linhas taes como o^1p, u^1x, porém que não he propria a dar a medida da força electrica de que resulta esta separação; porque independentemente da pouca exactidão d'huma semelhante medida considerada em si mesmo, ella não está em razão com a força, que segue a razão inversa do quadrado da distancia, e cuja acção he alterada, no cazo prezente, pelo effeito do pezo que sollicita as palhas em sentido contrario da separação produzida pela electricidade.

A' medida que a roda collectora recebe successivamente, no lugar do globulo *g*, pequenas quantidades de fluido electrico, pelos contactos repetidos da substancia que

fornece este fluido, que nós supporemos ser o da electricidade vitrea, faz-se huma decompozição do fluido natural contido na roda superior *ab*; de maneira que o fluido rezinozo attrahido pela roda collectora, se acha separado pelas camadas de verniz interpostas entre os dois discos, se bem que o fluido vitreo se escapa pela lamina metallica *ily*. Depois de hum certo numero de contactos, tira-se a roda superior *ab*, no mesmo instante as palhas se apartão; e para saber de que especie he a electricidade de que ellas são animadas, e ao mesmo tempo a que tem sido fornecida á roda colectora, emprega-se o meio que nós indicámos, fallando do electrometro de Cavallo (606).

No instrumento que nós acabámos de descrever, a roda collectora reprezenta o disco metallico do condensador ordinario, e a roda superior produz o mesmo effeito que a roda de marmore, com esta differença, que os fluidos nella se movem livremente, e o obstaculo que impede hum delles a passar para a roda collectora, he huma substancia idio-electrica intermediaria.

2. *Da Electricidade natural.*

DCVIII. A identidade do fluido electrico com a materia do trovão tinha já sido supposta por differentes physicos, quando Francklin, depois de ter reconhecido o poder das pontas, de que fallamos anteriormente (568), propoz elevar ao ar huma verga de ferro terminada em ponta aguda, e servir-se della para verificar esta mesma analogia. Dalibard foi hum dos primeiros que poz a idéa de Francklin em execução. Elle construio ao pé de Marly-la-Ville huma cabana, em cima da qual estava fixa huma barra de ferro de 13 metros, ou quarenta pés de comprimento, isolada por baixo. Huma nuvem tempestuoza passando perto desta barra, deo faiscas pela approximação do dedo, e se lhe reconheceo os effeitos dos conductores ordinarios que nós electrizamos por via das maquinas.

DCIX. Romas, que cultivava em Lille a Physica, levou depois o seu animo a ponto de enviar a mesma nuvem hum papagaio de papel armado de huma barra que se terminava em ponta. A corda do papagaio era interlaçada com hum fio de metal, até a huma certa distancia de seu ponto de prizão, e o resto era hum cordão de seda destinado a conservar o apparelho isolado e a livrar o observador da explosão. Vio-se sahir deste apparelho jactos espontaneos de luz de 32 centimetros, ou dez pés de com-

primento, e cujo estrondo era semelhante a hum tiro de pistola. Os perigos de todas as experiencias deste genero são tão evidentes, mesmo suppondo precauções, que ellas não podem ser tentadas senão por aquelles em que a curiozidade he mais forte que o medo. Muitos physicos, mortos pelas commoções que receberão tirando faiscas de hum apparelho que communicava com o interior de sua caza, se arrependerão de terem hum hospede tão perigozo. O celebre Richman, Professor de Physica em Petersbourg, ahi perdeo a vida em huma circunstancia que parecia feita para fazer a lição mais notavel. Elle foi morto ao lado do mesmo apparelho que elle tinha disposto para medir a força da electricidade das nuvens.

Dos Conductores.

DCX. Francklin, imaginando attrahir a materia do raio, propunha hum designio mais phylosofico que o de fazer experiencias electricas. Elle pensava que colocando-se sobre hum edificio huma verga de ferro terminada em ponta aguda, e estabelecendo-se huma communicação entre esta verga, e o seio da terra, ella poderia livrar o edificio d'huma explosão, esgotando o fluido das nuvens tempestuozas que passasem na sua proximidade. Segundo esta idea, se construirão em muitos lugares estas especies de instrumentos, nos quaes se deo o nome de *conductores*.

DCXI. Beyer, artista avantajozamente conhecido por seus talentos em muitas couzas, e que se occupa especialmente na construcção dos conductores; imaginou terminar a verga deste instrumento por huma ponta de platina, como sendo hum metal muito refractario e exempto d'oxidão. Elle emprega, por conductores, especies de cordas formadas de fios de ferro entrançados, e cobertos com huma camada de verniz gordo. A corda se prolonga até á borda de hum poço, onde ella he preza a hum varão de ferro cuja extremidade inferior esta prolongada n'agoa. O empregar esta materia conductora tem a vantagem de exigir muito menos tempo para a communicação em estabelecer entre a verga e o reservatorio commum, e de diminuir relativamente ao edificio mesmo, os prejuizos e os reparos inseparaveis de huma operação desta natureza.

DCXII. Entre os physicos, huns olharão as vantagens dos conductores como incontestaveis. Outros pensarão que sua acção devia ser muito fraca para proteger o edificio que os sustinha; era querer esvaziar, por hum simples tubo, hum

rio a trasbordar. Alguns mesmo pertenderão que os conductores erão mais proprios a provocar a quéda do raio sobre o edificio, que preveni-la. Porém não se póde duvidar da utilidade destes instrumentos, sobre tudo depois que a experiencia ensinou que a explosão, que parecia invizivel, se tinha feito sobre a ponta mesmo do conductor, sem que o edificio sofresse. Apprezentou-se, ha hum certo numero de annos, á Academia das Sciencias, huma verga de conductor sobre a qual tinha cahido o raio, e cuja ponta estava romba e parecia ter sido fendida. O fluido electrico tinha seguido a communicação estabelecida entre a verga de ferro e o seio da terra, e a caza ficou intacta. Porém querendo-se elevar conductores sobre edificios de huma certa extensão, he precizo multiplica-los. Elles não devem ser muito proximos, sem o que elles se empecerião, como vimos (571) que muitas pontas postas em pequenas distancias respectivas, defronte de hum conductor electrizado, se estrovavão mutuamente para roubarem o fluido electrico. D'outra parte, elles devem ser assás vizinhos, para que suas differentes espheras d'actividade não deixem algum espaço intermediario; e julgou-se que o raio de huma semelhante esphera devia ser de 10 metros, ou quazi 30 pés, e que desta fórma seria sufficiente por hum intervallo de 20 metros ou, 60 pés, entre hum conductor e outro.

Vê-se pelo que viemos de dizer, que o effeito do conductor não se limita a roubar em silencio o fluido electrico, ainda que seus serviços não sejão mesmo a desprezar neste cazo. Porém seu momento decizivo he aquelle em que tudo annunciando huma explosão proxima, elle se apprezenta, para a receber, e determina o fluido a tomar o caminho traçado d'antes, pelo physico, a lado do edificio, que o deixa pelo abalo cauzado pelo estrondo.

Do Golpe de repercussão.

DCXIII. Entre as differentes maneiras como a explozão do raio póde tornar-se funesta para os que se achão em hum terreno dominado por huma tempestade, ha huma que parece inexplicavel. Ella consiste em que he possivel que hum homem ou hum animal, posto muito longe do lugar onde o raio estala, esteja com tudo exposto a ser perigozamente ferido, ou a perder a vida, em consequencia da explosão; e tem-se mesmo citado exemplos d'esta acção, por assim dizer, occulta do raio. Mylord Mahon, sabio physico Inglez, que, no seu *Tratado d'Ectricidade*, se

occupou muito deste facto singular, acha a explicação em hum restabelecimento d'equilibrio, ao qual elle deu o nome de *golpe de repercussão* (1), e que nós vamos a dar a conhecer, conduzindo á theoria dos dois fluidos o ponto de vista debaixo do qual nós o consideramos.

Seja *ab* (fig. 60) o conductor d'huma maquina ordinaria, em acção; supponhamos que detraz deste conductor se põe hum segundo *cd*, isolado e em estado natural, em huma distancia tal que elle não possa tirar alguma faisca do primeiro; supponhamos em fim hum terceiro conductor *ef*, não isolado, posto muito perto do segundo para que este sendo electrizado, o outro tire faiscas. Dos dois fluidos que compoem o fluido natural *cd*, o da electricidade rezinoza ficará neste corpo, em virtúde da attracção que o fluido vitreo de *ab* exerce nelle; o outro, a saber o fluido da electricidade vitrea, será repellido para o corpo *ef*, que o transmittirá aos corpos ambientes, de sorte que o conductor *cd* se achará electrizado rezinozamente. Se, neste momento, se descarrega o conductor *ab*, o seguinte *cd* recuperará rapidamente seu fluido vitreo que lhe será restituido por intermedio do conductor *ef*; e suppondo-se, em lugar do conductor *cd*, huma pessoa isolada que apprezenta as mãos na distancia conveniente dos conductores *ab*, *ef*, a descarga fará nascer entre *ef* e o dedo situado do mesmo lado, huma faisca muito viva, produzida pela entrada subita do fluido vitreo que sahio do corpo da pessoa. Entre as differentes maneiras de experimentar o golpe de repercussão, indicadas por Mylord Mahon, escolhemos esta, porque ella offerece o cazo em que o effeito he o mais sensivel.

Agora concebe-se que se a electricidade do conductor *ab* fosse extremamente forte, o golpe de repercussão teria tambem lugar, na suppozição mesmo em que não houvesse em prezença deste conductor senão o unico corpo *cd* que não fosse isolado; e tal he o cazo que succede na natureza, quando o golpe provém de huma nuvem tempestuoza.

DCXIV. Seja NG (fig. 61) huma destas nuvens, fortemente carregadas d'electricidade vitrea, e D hum viajante posto na esphera d'actividade da mesma nuvem. O fluido vitreo deste homem será recalcado contra a terra pela repulsão

---

(1) Principes d'Electricité, Londres, 1781, p. 69 e seg.

do fluido contido na nuvem, de sorte que o viajante se achará muito sensivelmente em estado d'electricidade rezinoza. Que neste momento a prezença d'hum objecto terrestre C determine a nuvem a fazer explosão, o fluido vitreo tornará a passar para o corpo do viajante com huma rapidez e huma abundancia proporcionadas á energia com que obrava a electricidade da nuvem, e a agitação que resultar poderá ser assás forte para matar o viajante. Será possivel que, no mesmo tempo, homens ou animaes situados nos lugares *f*, *b*, que parecessem mais expostos ao perigo da explosão, não recebão algum toque.

3. *Da Electricidade produzida pelo Calor.*

DCXV. Independentemente de todos os phenomenos que temos considerado até aqui, e que pertencem todos á Physica, ha muitos cuja observação ella reparte com a Historia Natural. Nós nos absteremos de fallar, por hum instante, da electricidade produzida pela tremelga e por alguns outros peixes que tem hum orgão particular, no qual elles tem a faculdade de excitar movimentos, do que resulta hum phenomeno semelhante ao da botelha de Leyde. Este asumpto será melhor colocado no artigo em que nós tratarmos da influencia do que se chama *galvanismo* na economia animal. Não se trata aqui senão da virtude electrica que adquirem certos mineraes, por via do calor, que produz, neste cazo, o mesmo effeito que a fricção sobre os corpos idio-electricos ordinarios. Este ponto de mineralogia physica he tanto mais interessante, quanto a distribuição da materia electrica, nos mineraes de que fallamos, tem mais analogia com a da materia magnetica no ferro em estado de magnete, de sorte que estes mineraes offerecem o verdadeiro termo de comparação entre a electricidade e o magnetismo.

DCXVI. Cada hum dos mesmos mineraes tem sempre ao menos dois pontos, dos quaes hum he o assento da electricidade vitrea, e o outro o da electricidade rezinoza. Nós damos o nome de *pólos electricos* a estes pontos, que são sempre situados nas duas partes oppostas do mineral. Para distinguir estes pólos hum do outro, póde-se servir de hum pequeno apparelho muito simples, o qual passamos a descrever. Consiste em huma agulha *mn* (fig. 62) de prata ou de cobre, terminada por dois globulos, e movel sobre huma ponta que fórma a parte superior de huma astea *ca* do mesmo metal. Isola-se esta astea com a agulha, colocando-a

sobre hum sustentaculo cylindrico *s* de rezina. Põe-se hum dedo da mão esquerda sobre a rodella *a* que termina a astea inferiormente, e tendo na mão direita hum páo *g* de gomma-laca ou de cera d'Hespanha, que se esfrega, apprezenta-se-lhe, por hum ou dois segundos, a huma pequena distancia da astea *ac*; retira-se logo primeiro o dedo, depois o páo *g*. A agulha logo se acha electrizada vitrozamente; de sorte que, segundo que se approxima de hum dos globulos *m*, *n*, o pólo rezinozo ou o pólo vitreo d'hum mineral electrizado pelo calor, o globulo he attrahido ou repellido. Conceber-se-ha a razão do processo empregado para electrizar a agulha, applicando aqui o que nós dissemos da maneira como se produz o mesmo effeito, relativamente ao electrometro de Cavallo (605). A electricidade da agulha se conserva por hum quarto de hora ou mais, e póde-se, fazendo-a nascer, faze-la muito sensivel ou fraca, segundo que o exige a experiencia que que se propõe a fazer, variando a distancia entre a astea *bc* e o páo da gomma-laca.

Explicação dos Effeitos da Turmalina.

DCXVII. Tomemos primeiro para exemplo a pedra chamada *turmalina*, que he a primeira na qual se reconheceo a propriedade de se tornar electrica pelo calor, e que cristalliza em prismas ordinariamente de nove faces, terminadas por cumes de tres, seis nove faces ou mais. Quando esta pedra está na temperatura ordinaria, ella não he susceptivel de ser electrizada senão pela fricção, e neste cazo, a parte esfregada adquire sempre a electricidade vitrea. Porém expondo-se huma turmalina por alguns instantes á acção do fogo, segurando a com huma pinça pelo meio do prisma; e apprezentando-se depois, por sua vez suas duas extremidades ao globulo *m* ou *n*, observar-se-ha que huma attrahe, e que a outra repelle o globo, o que fará reconhecer os pólos em que rezidem as duas electricidades. Concebe-se que a turmalina não tendo senão sua quantidade natural de fluido, que he sómente decomposta, se seu pólo vitreo he voltado para o globulo, ella se acha no mesmo cazo que se elle fosse sollicitado unicamente por huma quantidade de fluido vitreo, cuja força fosse igual á differença entre as forças de seus dois polos, em consequencia de que hum obra de mais perto, e o outro de mais longe. Logo o globo será repellido. Hum semelhante raciocinio provará de dever, pelo contra-

rio haver a attracção, se a tormalina aponta seu polo rezinozo para o globulo.

Attracções e Repulsões que a mesma face da Pedra exerce nos Corpos leves.

DCXVIII. Apprezentando-se hum dos pólos da turmalina a corpos leves, como grãos de cinza ou raspaduras de pão, cada grão, tornando-se da mesma fórma hum pequeno corpo electrico, cuja parte voltada para o polo que obra sobre elle adquirio huma electricidade contraria á deste polo, se encaminhará para a turmalina. Chegando ao contacto, ficará pegada, porque o fluido da turmalina, que he hum corpo não conductor, não podendo communicar-se-lhe, tudo fica no mesmo estado que d'antes. Com tudo succede frenquentemente que alguns destes grãos, logo que elles tocão a pedra, são repellidos. Este facto tem lugar, quando o pequeno corpo encontra alguma molecula conductora ferruginoza ou outra, situada na superficie da turmalina. Neste cazo, suppondo-se, por exemplo, que esta molecula tivesse a electricidade rezinoza, huma porção do seu fluido passará á parte contigua do pequeno corpo, que he occupado pelo fluido vitreo, e se unirá com este fluido neutralizando-o. Logo o fluido rezinozo que envolvia a outra parte do pequeno corpo achando-se em excesso, este corpo estará todo em estado rezinozo; donde se segue que a molecula conductora que está em hum estado semelhante, o repulsará. Por isto se vê de que maneira se deve entender o que disserão alguns authores, que a turmalina attrahia e repellia indifferentemente pelas duas extrimidades, sem produzir estes effeitos constantes d'attração de hum lado, e de repulsão do outro, que se lhe tinha attribuido. Estes effeitos não tem lugar senão com huma turmalina posta defronte de hum corpo que por si mesmo está já em hum certo estado d'electricidade. Os outros, que são variaveis, dizem respeito ao cazo em que os corpos em que obra a turmalina, estivessem primitivamente em seu estado natural.

Distribuição dos dois fluidos Electricos na Turmalina.

DCXIX. Em huma turmalina, as densidades electricas decrescem rapidamente, partindo das extremidades, de sorte que ellas são nullas em hum espaço sensivel, situado

no meio do prisma. Por huma consequencia necessaria, os centros da acção estão postos perto das extremidades. Esta distribuição he analoga á do fluido electrico espalhado á roda de hum cylindro, assim como o expozemos mais acima (55). Póde-se faze-la sensivel á vista até a hum certo ponto fazendo ir e tornar huma turmalina defronte de hum dos globulos da pequena agulha. Observar-se-ha que este globulo tem huma tendencia notada para hum ponto da pedra vizinho da extremidade; mas quando elle corresponder á parte media, de sorte que o centro d'acção, por sua distancia, não tenha mais poder sobre elle, não se verá fazer a este globulo algum movimento.

DCXX. Seja T (fig. 63) huma turmalina que tenha seu centro d'acção rezinoza posto em A, e seu centro d'acção vitrea posto em *a*. Toma-se hum páo de cera d'Hespanha na extremidade do qual se fixa hum fio de seda quazi de hum centrimetro, ou de quatro linhas e meia, de comprimento, fundindo-se a cera, no lugar desta mesma extremidade, e pegando huma extremidade do fio na parte fundida. Se depois de se ter esfregado o páo de cera, em cujo cazo a extremidade livre do fio adquirirá a electricidade rezinoza, se põe esta extremidade em prezença de ponto R da turmalina, e que ao mesmo tempo se communique a esta pequenos movimentos alternativos da direita para a esquerda, e reciprocamente, ver-se-ha o fio de seda voltar-se em sentido contrario, para evitar o ponto R; e approximando-se hum pouco mais a turmalina, o fio se conduzirá de repente, por hum movimento curvilineo, para o ponto A. Aprezentando-se depois ao fio os pontos situados hum pouco além de A, e todos os seguintes até a extremidade opposta U, haverá em tudo attracção; mas empregando-se hum fio que tenha a electricidade vitrea, como o que seria prezo a hum tubo de vidro que fosse esfregado, e que se approxima da extremidade U, elle evitará da mesma sorte hir tocar esta extremidade, e se transportará para o ponto *a*; e todos os pontos situados além de *a* até á extremidade R, obraráõ sobre elle por attracção; de sorte que não havera exactamente o inverso dos effeitos precedentes, poisque, nos dois cazos, o fio he attrahido pela parte media da turmalina. Esta especie de paradoxo se esclarecerá, attendendo-se que a parte media estando em estado natural, no momento em que ella he apprezentada ao fio, attrahe indifferentemente este fio, qualquer que seja a especie d'electricidade que o sollicite; de maneira que nos dois cazos, o effeito desta attracção se

accrescenta á do centro d'acção que obra no fio por huma electricidade contraria á sua.

Acções de duas Turmalinas huma sobre a outra.

DCXXI. Duas Turmalinas, apprezentadas huma á outra, se attrahem pelos pólos, animados d'electricidades contrarias, e se repellem pelos pólos que manifestão a mesma especie d'electricidade. Nós já demonstramos estes resultados fallando das acções reciprocas de dois corpos idio-electricos, dos quaes o fluido tivesse sido decomposto (565). Para verificar tambem aqui a theoria pela experiencia, aquecer-se-hão duas turmalinas, e depois de ter posto huma dellas attravessada sobre huma lamina de cortiça fluctuando na superficie d'agoa, escolher-se-ha hum de seus pólos, ao qual se apprezentará successivamente os dois pólos da outra turmalina. Quando os pólos defronte hum do outro differirem em suas electricidades, ver-se-ha a turmalina fluctuante conduzir-se para a outra, e seguir-lhe todos os movimentos. Se pelo contrario os pólos mais vizinhos são sollicitados por electricidades oppostas, a turmalina fluctuante se voltará para se apprezentar a outro pólo contrario, e approximar-se depois em consequencia da attracção. Qualquer que assistir a estas experiencias, sem ter sido prevenido, se tentaria a toma-las por experiencias de magnetismo.

Relações entre a Electricidade da Pedra e sua Temperatura.

DCXXII. A turmalina principia a tornar-se electrica, quando ella chega a huma certa elevação de temperatura que Æpinus põe entre o 30° e 80° gráos do thermometro dito de Reaumur. Porém entre os corpos desta especie, existem alguns aos quaes não he precizo, de alguma sorte, mais do que mostrar-lhe o fogo, para que elles manifestem sua electricidade. Aquecendo-se a turmalina de mais em mais haverá hum termo em que ella cessará de dar signaes de virtude electrica. Succede frequentemente que depois de a ter retirado do fogo, se he obrigado a deixa-la tornar por si mesmo a huma temperatura moderada, para que ella tenha acção nos corpos pequenos que se lhe apprezenta. Mas parece que além do termo em que sua electricidade se tornou insensivel pela acção de hum grande calor ha outro em que seus effeitos se reproduzem em sentido inverso. Nós applicamos os fócos de duas lentilhas

nas extremidades d'huma turmalina, e observamos que cada pólo, depois de ter adquirido sua electricidade ordinaria, deixava depois de obrar, e por fim passava a estado opposto; de sorte que a attracção, depois de se tornar zero, dava lugar á repulsão, ou reciprocamente.

Phenomeno que apprezenta huma Turmalina quebrada.

DCXXIII. Quebrando-se huma turmalina no momento em que ella manifeste sua electricidade, cada fragmento, por mais pequeno que seja, tem duas ametades em estados oppostos, como a turmalina inteira; o que parece muito singular, pois que este fragmento, suppondo, por exemplo, que elle fosse posto em huma das extremidades da pedra ainda intacta, não era então sollicitada senão por huma sé especie d'electricidade. Rezolve-se felizmente esta difficuldade, por via de huma hypothese muito plausivel, semelhante á que Coulomb fez relativamente aos corpos magneticos que apprezentão a mesma singularidade, isto he, considerando cada molecula integrante d'huma turmalina, como sendo huma turmalina com seus dois pólos. Resulta que na turmalina inteira ha huma serie de pólos alternativamente vitreos e rezinozos; e as quantidades de fluido livre que pertencem a estes differentes pólos são taes, que em toda a ametade da turmalina ainda intacta, que manifesta a electricidade vitrea, os pólos vitreos das moleculas integrantes são superiores em força aos pólos rezinozos em contacto com elles; posto que o contrario he que tem lugar na ametade que manifesta a electricidade rezinoza; donde se segue que a turmalina está no mesmo cazo, que se cada huma de suas ametades não fosse sollicitada senão por quantidades de fluido vitreo ou rezinozo, iguaes ás differenças entre os fluidos dos pólos vizinhos. Agora, cortando-se a pedra em hum lugar qualquer, como a secção não póde ter lugar senão entre duas moleculas, a parte destacada principiará necessariamente por hum pólo d'huma especie, e se terminará por hum pólo de huma electricidade contraria. Nós daremos hum maior desenvolvimento a esta explicação, quando fallarmos do magnetismo.

Correlação entre a Fórma dos Corpos Electricos pelo Calor, e as Posições de seus Pólos.

DCXXIV. Os corpos susceptiveis de se electrizar pelo calor, apprezentão, relativamente ás suas fórmas, huma nova singularidade, que parece annunciar huma dependencia mutua entre sua cristalisação e sua propriedade electrica. Sabe-se que em geral a maneira como a natureza elabora os cristaes he submetida á lei da maior symetria, em serem semelhantes, pelo numero, pozição e figura de suas faces, as partes oppostas e correspondentes. Porém as fórmas dos cristaes electricos pelo calor, derrogão esta symetria, de maneira que as partes em que rezidem as duas especies d'electricidade, ainda que semelhantemente situadas nas duas extremidades do cristal, differem por sua configuração; huma tem decrescimentos que são ambos na parte opposta, ou aos que correspondem decrescimentos que dependem d'outra lei, o que póde servir a fazer adevinhar antes, pelas simples inspecções do cristal, de que lado se achará cada especie d'electricidade, quando se submeter este cristal á experiencia.

Assim na variedade turmalina que chamamos *isogona*, e que he reprezentada (fig. 64), a fórma he a de hum prisma de nove faces, terminado de hum lado por hum cume de tres faces, e do outro por hum cume de seis faces; e a experiencia prova que he o primeiro cume o assento da electricidade rezinoza, e o segundo que manifesta a electricidade vitrea.

DCXXV. Porém de todos os cristaes que offerecem esta correllação entre a configuração exterior e a virtude electrica os mais notaveis são os que pertencem a huma substancia accidifera, chamada *magnesia boratada*, e cuja fórma he, em geral, a de hum cubo incompleto em todas as suas arestas, e modificado ainda por facettas que correspondem aos angulos solidos. Neste as duas electricidades obrão segundo as direcções de quatro eixos, cada hum dos quaes passa por dois angulos solidos oppostos do cubo, que hé a fórma primitiva. Em huma das variedades (fig. 65) que nós chamamos *defectiva*, hum dos dois angulos solidos situados nas extremidades do mesmo eixo, he intacto; o outro substituido por huma facetta *s*. Ha electricidade rezinoza no angulo que não soffreo alguma alteração, e a electricidade vitrea na facetta que substitue o angulo opposto, o que faz oito pólos electricos, quatro para cada

especie d'electricidade. Em outra variedade (fig. 66.), os angulos aos da precedente, que erão substituidos pela facetta *s*, continuão a offerecer a mesma modificação. Os outros angulos, situados como os que erão intactos, são aqui substituidos cada hum por huma semelhante facetta s^1; mas se ella existisse só, a symetria se acharia restabelecida. e a lei do phenomeno quer que ella seja alterada. Desta fórma observão-se tres outras facettas *r*, *r*, *r*, situadas em roda de cada huma das primeiras, de sorte que os angulos que ellas modificão, offerecem, debaixo deste ponto de vista, huma sorte de snperabundancia, donde vem a esta variedade o nome de *magnesia boratada superabundante.*

Poder-se-hia perguntar; se, por meio do apparelho respeitavel de nossas maquinas artificiaes, e destas diversidades de phenomenos que elle offerece à vista surprehendida, existe alguma couza mais propria a excitar o interesse dos physicos, do que estes pequenos instrumentos electricos executados pela cristalisação, do que esta reunião d'acções distinctas e contrarias, reunidas em hum cristal que póde não ter mais que dois millimetros d'espessura; e isto faz lembrar a observação já feita tantas vezes, que as producções da natureza, que parecem querer occultar-se a nossas vistas, são algumas vezes aquellas que tem mais a mostrar-nos.

FIM DO PRIMEIRO TOMO.

TABOA

DOS PRINCIPAES ARTIGOS

CONTIDOS NESTE VOLUME.

INTRODUCC,ÃO. pag. III.
II. DAS PROPRIEDADES MAIS GERAES DOS CORPOS. 27
1. *Da Extensão* 27
2. *Da Mobilidade.* 31
3. *Da Impenetrabilidade.* 35
4. *Da Divizibilidade.* 36
II. DA ATTRACC,ÃO. 39
1. *Do Pezo absoluto, ou da Gravitação.* 40
2. *Da Affinidade, ou da Attracção molecular.* 60
III. DO CALORICO. 95
1. *Dos Principios sobre que he fundada a Theoria do Calorico.* 97
2. *Applicação da Theoria precedente a diversos Phenomenos.* 108
3. *Do Calorico Especifico.* 127
4. *Dos Effeitos do Calorico em mudar o estado dos Corpos.* 131
5. *Dos Effeitos da Compressão e da Dilatação sobre o Calòrico contido nos Corpos.* 143
6. *Da Lei que seguem os fluidos Elasticos na variação de seu volume e de sua força elastica, por effeito do Calorico.* 151
7. *Das Dilatações e Contracções de diversos Corpos solidos, pelas variações da Temperatura.* 159
8. *Do Thermometro.* 163
9. *Dos Vapores, e de sua Mistura com os Gazes.* 174
10. *Da Combustão.* 195
IV. DA AGOA. 196
1. *Da Agoa em estado Liquido.* 196
2. *Da Agoa em estado de Gelo.* 241
3. *Da Agoa em estado de Vapor.* 256
V. DO AR. 263
1. *Do Pezo Elasticidade do Ar.* 264
2. *Das differentes Modificações de que a Atmosphera he susceptivel.* 292

3. *Do Ar considerado como Vehiculo do Som.* 314
VI. DA ELECTRICIDADE. 340
1. *Da Electricidade produzida pela Fricção ou pela Communicação.* 343
2. *Da Electricidade natural.* 402
3. *Da Electricidade produzida pelo Calor.* 406

Fim da Taboa dos principaes Artigos contidos neste volume.

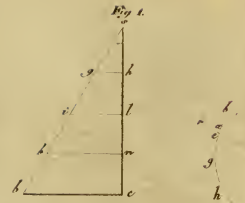


Fig. 1.

Fig. 2

Fig. 3.
A
B
M
N
E
G

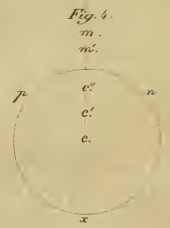


Fig. 4.
m.
m'.
c''
c'
c.

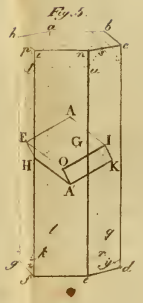


Fig. 5.
A
E
G
I
H
O
K
A

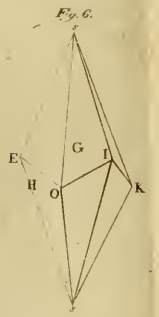


Fig. 6.
E
G
I
H
O
K

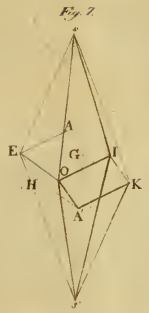


Fig. 7.
A
E
G
I
H
O
K
A

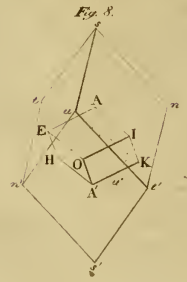


Fig. 8.
A
E
I
H
O
K
A'

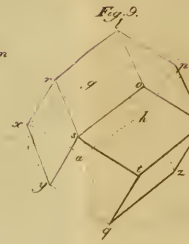


Fig. 9.

Fig. 10.

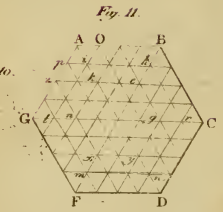


Fig. 11.
A
O
B
G
C
F
D

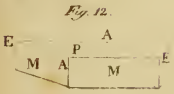


Fig. 12.
E
A
P
M
A
E
M

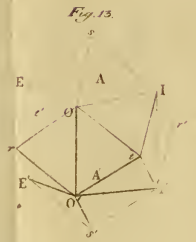


Fig. 13.
E
A
I
O
E'
A
O

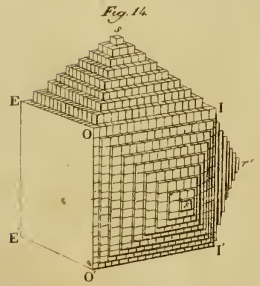


Fig. 14.
E
O
I
E
O
I'

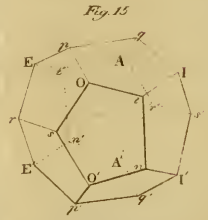


Fig. 15
E
A
I
E
A'
O'
I'

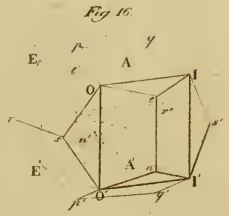


Fig 16.
E
A
O
I
E'
A'
O
I'

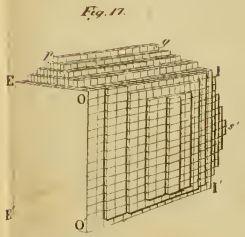


Fig. 17.
E
O
I
E'
O
I'

Fig 18
b
a

RPJCB

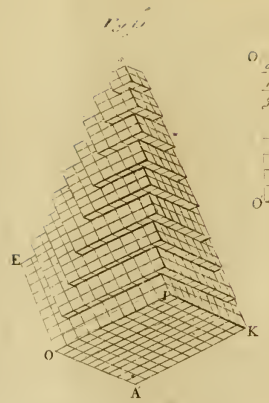


Fig. 19.
E
I
K
O
A

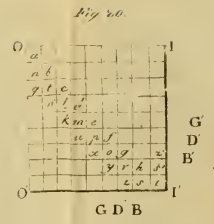


Fig. 20.
O
I
G
D
B
O'
I'
G D B

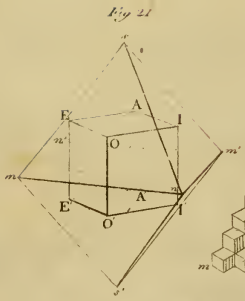


Fig. 21
E
A
I
O
m
m'
E'
A'
I'
O'

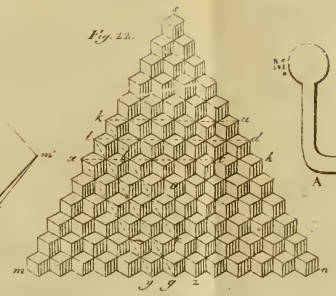


Fig. 22.
m
n

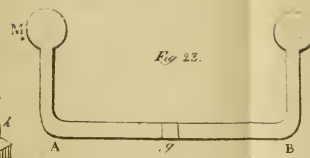


Fig. 23.
M
N
A
g
B

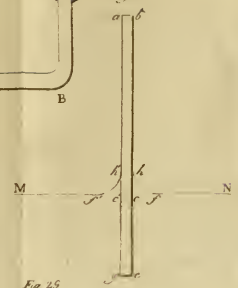


Fig. 24
a
b
M
N
c

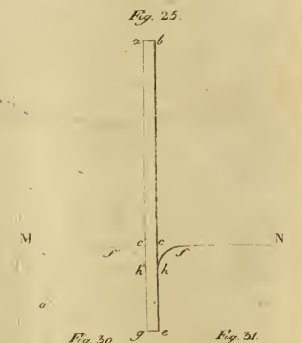
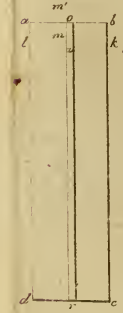
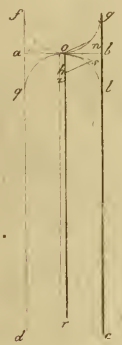
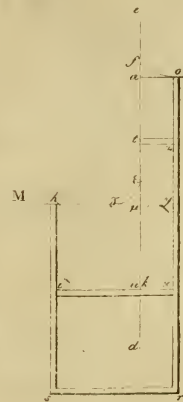


Fig. 25.
a
b
M
N
c
e
g


m'
a
b
l
m
k
d
r
c


f
g
a
o
n
l
d
r
c


M
N
d
s
r

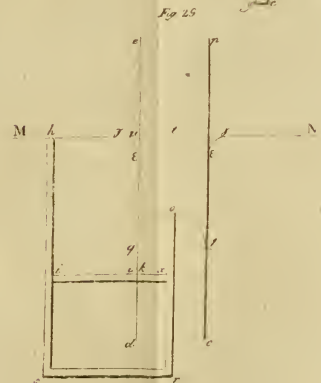


Fig. 26
M
N
d
s
r

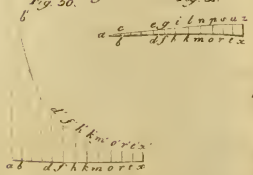


Fig. 30.
Fig. 31.

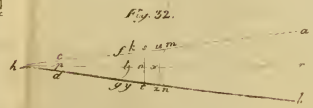


Fig. 32.
a
h
l

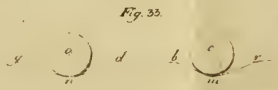


Fig. 33.
d
b
c

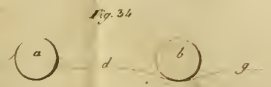


Fig. 34
a
d
b
g

RP JCB

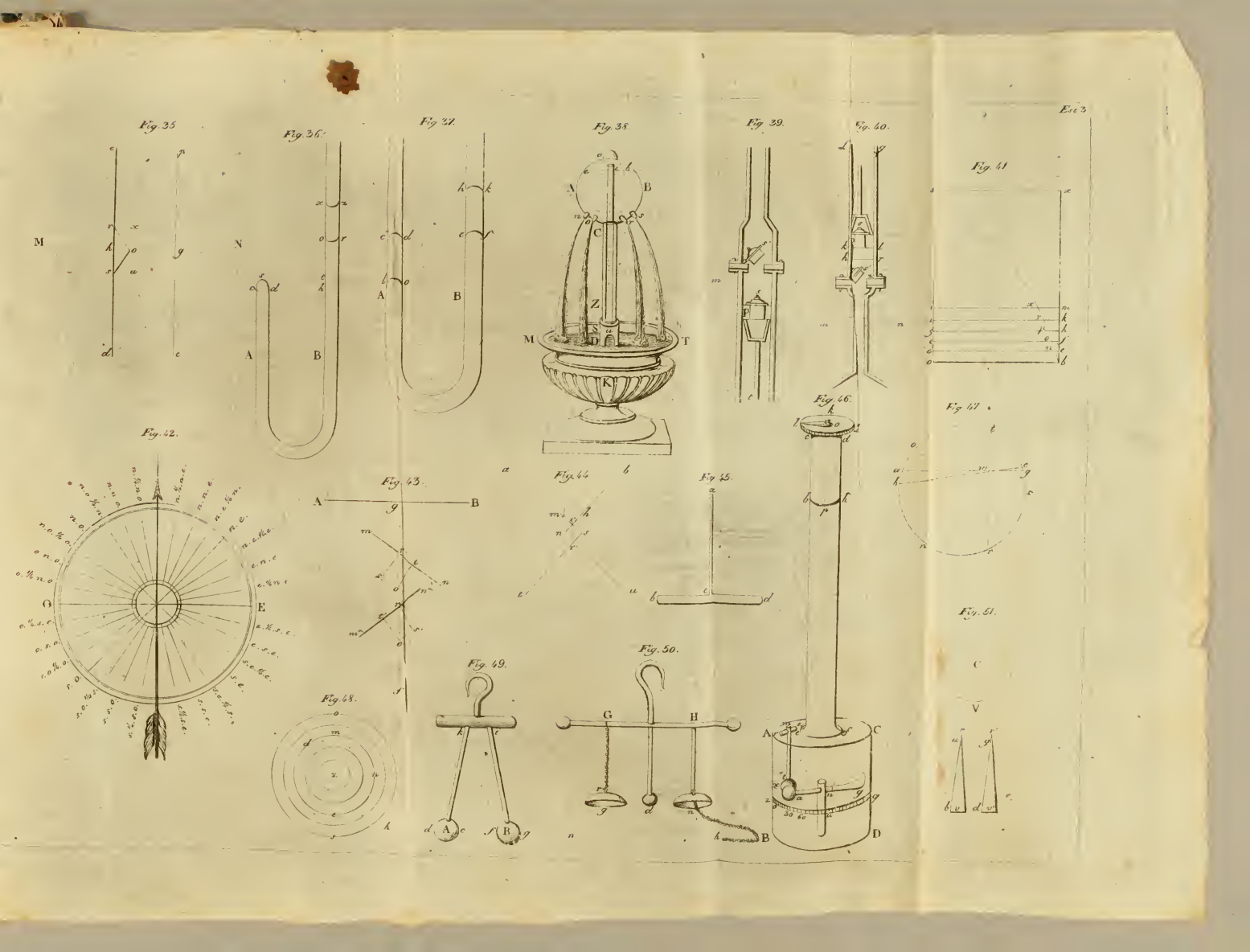


Fig. 35
Fig. 36.
Fig. 37.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44
Fig. 45.
Fig. 46.
Fig. 47.
Fig. 48.
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51.
M
N
A
B
C
Z
D
T
K
G
H
E
O

PJCB

Fig. 61.
N
G

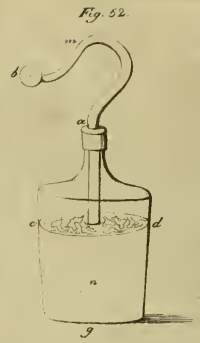


Fig. 52.

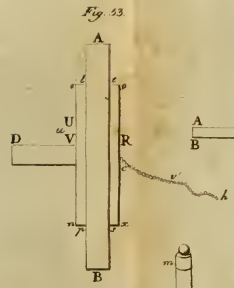


Fig. 53.
A
B
D
U
V
R

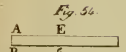


Fig. 54.
A
E
B

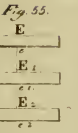


Fig. 55.
A
E
B
A'
E'
B'
A''
E''
B''

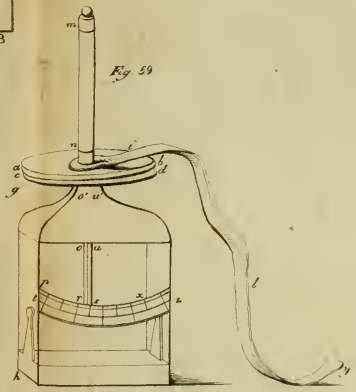


Fig. 59.

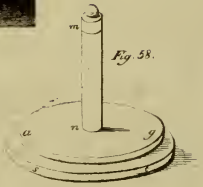


Fig. 58.

Fig. 56.

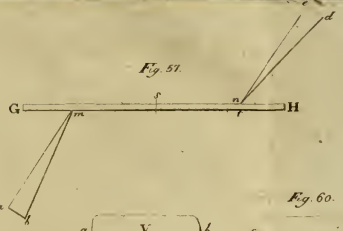
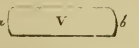


Fig. 57.
G
H


a
V
b

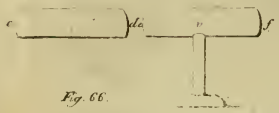


Fig. 60.

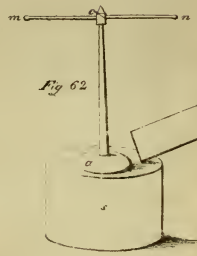


Fig. 62.

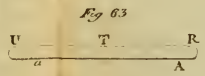


Fig. 63.
U
T
R
A

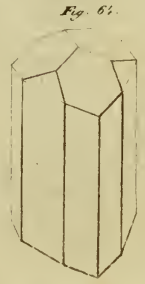


Fig. 64.

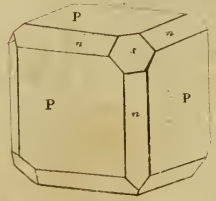


Fig. 65.
P
P
P

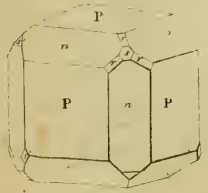
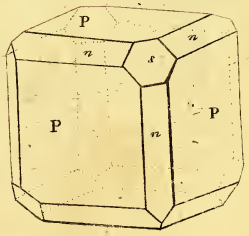


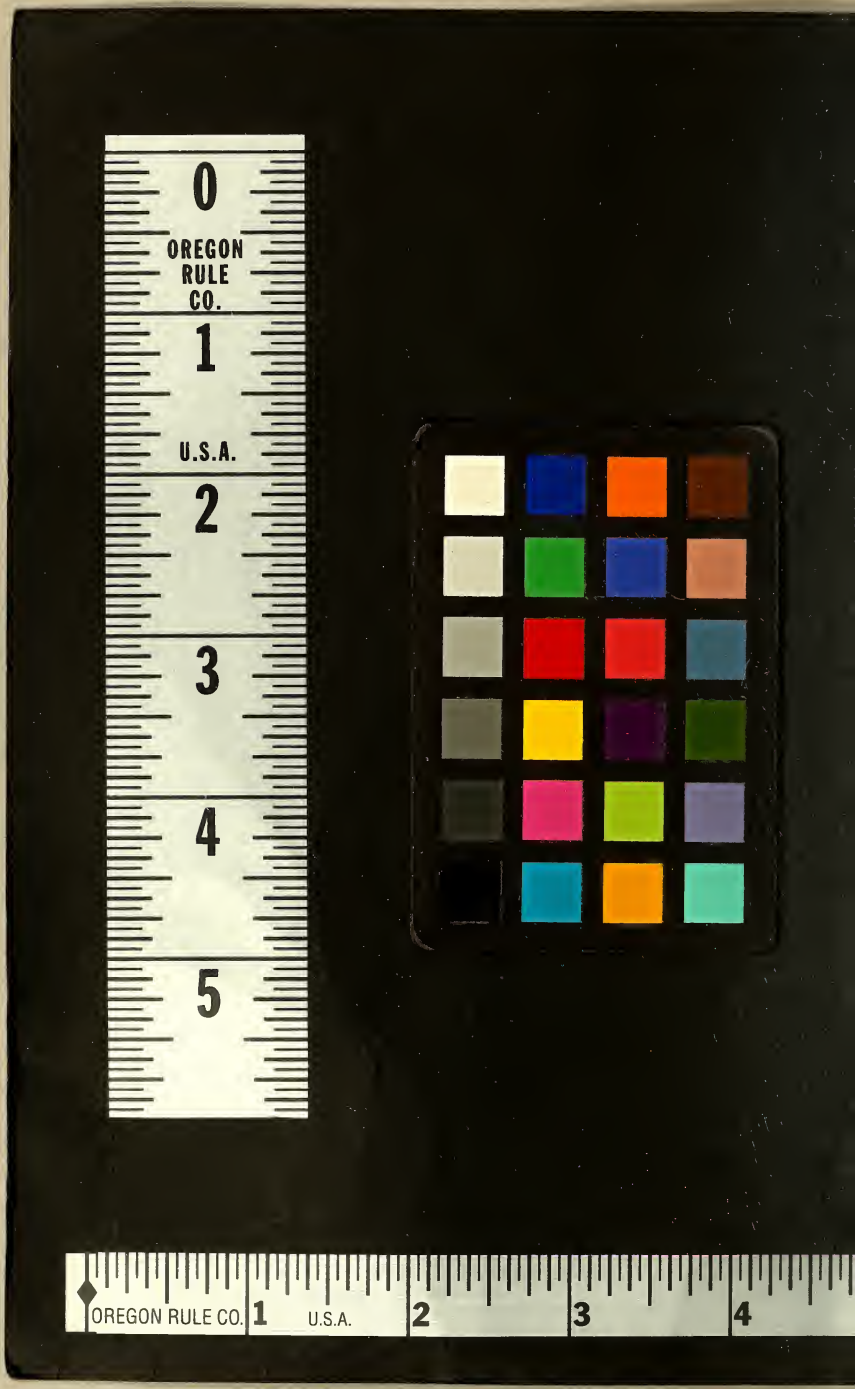
Fig. 66.
P
P
P

RPJCB

Fig. 65.



E810
H382t
v.1


0
OREGON
RULE
CO.
1
U.S.A.
2
3
4
5
OREGON RULE CO.
1
U.S.A.
2
3
4